

CIVILIZAȚIA ROMÂNEASCĂ

12

ȘTIINȚA ȘI TEHNOLOGIA
INFORMAȚIEI ÎN ROMÂNIA

CIVILIZAȚIA ROMÂNEASCĂ

12

**Coordonator:
Victor SPINEI**

**Volum apărut cu sprijinul
Ministerului Culturii și Identității Naționale
în cadrul parteneriatului încheiat cu Academia Română**



ACADEMIA ROMÂNĂ
SECȚIA DE ȘTIINȚA ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI

ȘTIINȚA ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI ÎN ROMÂNIA

Coordonator:
FLORIN GHEORGHE FILIP



EDITURA ACADEMIEI ROMÂNE
București, 2018

Copyright © Editura Academiei Române, 2018.
Toate drepturile asupra acestei ediții sunt rezervate editurii.

EDITURA ACADEMIEI ROMÂNE
Calea 13 Septembrie nr. 13, sector 5
050 711, București, România
Tel.: 4021-318 81 06, 4021-318 81 46
Fax: 4021-318 24 44
E-mail: edacad@ear.ro
Adresa web: www.ear.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
Știința și tehnologia informației în România / coord.: Florin G. Filip -
București : Editura Academiei Române, 2018
ISBN 978-973-27-2955-7

I. Filip, Florin Gheorghe (coord.)

004

Redactor: Călin DIMITRIU
Tehnoredactor: Daniela FLORESCU
Coperta: Mariana ȘERBĂNESCU

Bun de tipar: 26.11.2018; format: 16/70 × 100
Coli de tipar: 30
C.Z. pentru biblioteci mari: 004(498)
C.Z. pentru biblioteci mici: 004

CUPRINS

Autori.....	VII
Cuvânt-înainte (<i>Florin Gheorghe Filip</i>).....	IX
Micro- și nanoelectronica (<i>Dan Dascălu</i> , coordonator de capitol).....	1
Din istoria informaticii teoretice românești (<i>Gheorghe Păun</i>).....	117
Dezvoltarea calculatoarelor în România (<i>Nicolae Țăpuș</i>).....	161
Precursori români ai comunicațiilor moderne, creatori de școală (<i>Victor Croitoru</i>).....	248
Evoluția rețelelor de calculatoare în România (<i>Nicolae Țăpuș, Florin Gheorghe Filip</i>).....	267
Contribuția Automaticii românești la dezvoltarea civilizației (<i>Ioan Dumitrache</i> , coordonator de capitol).....	294
Inteligența Artificială în România (<i>Horia-Nicolai Teodorescu</i> , coordonator de capitol).....	352
Informatica industrială. Realizări și contribuții românești în dezvoltarea și utilizarea sistemelor IT în timp real, pentru conducerea proceselor industriale (<i>Adrian Davidoviciu</i>).....	386
Informatica economică: trecut, prezent și viitor (<i>Ion Ivan</i>).....	397
O secție de „Știința și tehnologia informației” la Academia Română (<i>Florin Gheorghe Filip</i>).....	442
Indice de nume.....	447
	V

AUTORI

Vasile Apopei	Anca Manolescu
Tudor Barbu	Aurel Millea
Radu Bârsan	Alexandru Müller
Marius Bâzu	Raluca Müller
Bogdan Brânzilă	Nicolae Paraschiv
Gheorghe Brezeanu	Gheorghe Pascovici
Octavian Buiu	Gheorghe Păun
Corneliu Burileanu	Marian Petrescu
Emil Ceangă	Dan Petru
Iulian Ciocoiu	Radu-Emil Precup
Tiberiu Colosi	Cornel Stănescu
Hariton Costin	Gheorghe Ștefan
Dan Cristea	Gheorghe M. Ștefan
Victor Croitoru	Gheorghe Tecuci
Dan Dascălu (coordonator de capitol)	Horia-Nicolai Teodorescu (coordonator de capitol)
Adrian Davidoviciu	Dan Tufiș
Dragoș Dobrescu	Nicolae Țăpuș
Toma Dragomir	Traian Vișan
Ioan Dumitrache (coordonator de capitol)	Răzvan Vladimir
Florin Gheorghe Filip	Mihail Voicu
Inge Gavăț	Andreas Wild
Ion Ivan	

CUVÂNT-ÎNAINTE

În Adunarea Generală a Academiei Române din 24 noiembrie 1998, academicianul Mihai Corneliu Drăgănescu definea Știința și tehnologia informației ca fiind „domeniul multidisciplinar al științei și tehnologiei care stă la baza societății informaționale și care cuprinde substratul fizic al informației, telecomunicațiile, calculatoarele, software, sistemele informatice, informatica teoretică și teoria informației, internetul, tehnologia Web, automatica și teoria sistemelor precum și aplicațiile specifice în cele mai diverse domenii: economie, sociologie, medicina electronica, biologie informațională, filosofia informației etc”.

Conținutul volumului de față a fost gândit plecând de la definiția de mai sus și conține capitole în care se descriu, în contextul evoluțiilor din domeniu de pe plan internațional, principalele momente, oameni și realizări care au contribuit la progresul Științei și tehnologiei informației în România și, în plan mai larg, al sectorului TI&C (Tehnologia informațiilor și comunicațiilor).

Volumul este organizat după cum urmează.

Capitolul *Micro- și nanoelectronica* elaborat de acad. Dan Dascălu (coordonator), cu colaborarea Andreas Wild, Gheorghe Brezeanu, Gheorghe Ștefan, m.c. A.R., Anca Manolescu, Petru Dan, Radu Bârsan, Cornel Stănescu, Octavian Buiu, Traian Vișan, Marius Bâzu, Alexandru Müller, Raluca Müller, Dragoș Dobrescu, Gheorghe Pascovici și Aurel Millea, este dedicat dezvoltării în România a domeniului de dispozitive semiconductoare, circuite integrate, micro și nanoelectronică. Se jalonează traseul urmat de școala doctorală de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații de la „Politehnica” din București, cercetarea științifică și dezvoltarea tehnologică pe platforma industrială Băneasa, activitățile de cercetare și de proiectare din țară de după decembrie 1989, inclusiv cele din domeniul electronicii nucleare, urmărind în final împlinirea profesională în cadrul unor companii și universități importante de pe glob a unor specialiști formați în România. În prezentare, autorii urmăresc să evidențieze varietatea abordărilor ingineresti și caracterul multidisciplinar al acestui domeniu, precum și importanța formării și valorificării experienței profesionale într-un ecosistem educație–cercetare–inovare.

În capitolul intitulat *Din istoria informaticii teoretice românești*, acad. Gheorghe Păun începe prin a prezenta caracteristicile domeniului. În continuare, autorul descrie o serie de momente semnificative din evoluția domeniului în țara noastră începând cu „preistoria” informaticii teoretice, chiar înainte de constituirea „științei calculatoarelor” („computer science”) în lume, insistând apoi asupra celor doi fondatori ai informaticii teoretice românești, Grigore C. Moisil și Solomon Marcus, pentru a ajunge, în zilele noastre, la multitudinea de contribuții ale informaticienilor teoreticieni români la cele mai diverse direcții de cercetare active internațional.

Capitolul *Dezvoltarea calculatoarelor în România*, de prof. Nicolae Țăpuș, un participant efectiv la proiectarea și realizarea multor echipamente de tehnică de calcul pe parcursul ultimilor 45 de ani, oferă cititorului o cronologie completă a momentelor cele mai semnificative pentru evoluția domeniului, evidențiind personalitățile, universitățile, institutele și întreprinderile care au avut contribuții importante pe parcursul celor peste 60 de ani care au trecut de la realizarea de către Victor Toma, în 1957, a primului calculator românesc. În finalul capitolului, se prezintă *Programul național de dotare a economiei românești cu tehnică de calcul din 1967*, un veritabil „act de naștere” al sectorului TIC (Tehnologia informațiilor și comunicațiilor”) în România .

În capitolul *Precursori români ai comunicațiilor moderne, creatori de școală*, prof. Victor Croitoru realizează o incursiune în istoria comunicațiilor pe teritoriul actual al României, începând cu darea în funcțiune, în 1853, a primelor linii telegrafice din Transilvania (Timișoara–Sibiu și Sibiu–Alba Iulia–Cluj), construite de către austrieci, urmată, în următorii doi ani, de comunicațiile telegrafice în Țara Românească și Moldova (pe traseele: București–Brașov, Cernăuți–Iași, București–Iași, București–Giurgiu). Autorul evidențiază contribuțiile oamenilor de știință români în domeniul comunicațiilor și ciberneticii printr-o prezentare paralelă cu cea a evoluțiilor pe plan internațional și descrie, în partea finală a capitolului, aportul Universității „Politehnica” din București la formarea cadrelor necesare.

Evoluțiile rețelelor de calculatoare în România, care combină tehnologiile informatice și cele de comunicații, sunt descrise în capitolul elaborat de prof. Nicolae Țăpuș și acad. Florin Gheorghe Filip. Autorii prezintă o cronologie a evenimentelor cele mai semnificative petrecute pe plan mondial și a celor din România și din Republica Moldova, care au influențat progresul domeniului pe parcursul ultimilor cinci decenii. Sunt menționate cercetările de pionierat de la debutul anilor 1970 desfășurate la Institutul Central de Informatică (ICI) și la Facultatea de automatică și calculatoare a Institutului Politehnic din București pentru a ajunge, în final, cu expunerea în zilele noastre, când țara noastră se află pe poziție bună în domeniul creerii de infrastructuri de comunicații bazate pe rețele de calculatoare.

Contribuția Automaticii românești la dezvoltarea civilizației este descrisă în capitolul elaborat de acad. Ioan Dumitrache (coordonator) și o echipă compusă din Tiberiu Colosi, Mihail Voicu, m.c. A.R., Toma Dragomir, Răzvan Vladimir, Emil Ceangă și Nicolae Paraschiv. În capitol se prezintă mai întâi caracteristicile *automaticii* ca domeniu de avangardă al științei și tehnologiei și personalitățile marcante ale domeniului. În continuare, se descriu principalele contribuții românești la dezvoltarea automaticii aduse de echipele din universitățile tehnice aflate marile centre universitare (Cluj-Napoca, Iași, Timișoara, Craiova, Galați, Ploiești) și realizările tehnice cu impact socioeconomic datorate universităților de mai sus, cât și unor institute de cercetare–dezvoltare din domeniu (Institutul de Proiectări și Automatizări (IPA), Institutul Central de Informatică (ICI), Institutul de Cercetări și Proiectări în Electrotehnică (ICPE)), sau cu caracter tehnologic (ICEMENERG, IPROCHIM, ICSIT–TITAN, ICPMUA, IPROLAM) și unor

întreprinderi din sectorul industrial pentru echipamente și tehnologii pentru automatizări (I.S. Automatica, Electrotehnica, Fabrica de Echipamente de Automatizări – FEA, Electroaparataj, Fabrica de Echipamente Pneumatice – FEPA-Bârlad, Electromagnetica ș.a.). Capitolul se încheie cu evocarea unor aspecte privitoare la cooperarea internațională și patru anexe, care cuprind o selecție de publicații reprezentative.

Capitolul *Inteligența artificială în România* a fost elaborat de o echipă formată din acad. Horia-Nicolai Teodorescu (coordonator), Vasile Apopei, Tudor Barbu, Bogdan Brânzilă, Corneliu Burileanu, Iulian Ciocoiu, Hariton Costin, Dan Cristea, m.c.A.R., Inge Gavăț, Marian Petrescu, Radu-Emil Precup, m.c.A.R., Gheorghe M. Ștefan, m.c.A.R., acad. Gheorghe Tecuci și acad. Dan Tufiș. Pentru început, se precizează că primele preocupări legate de IA (inteligența artificială) în România au fost observate în anii 1960 și au devenit vizibile mai semnificativ în anii 1970. Interesul inițial a venit dinspre domeniile matematică, pe de o parte, și teoria sistemelor și cibernetică, pe de altă parte. Temele abordate în continuare în capitol sunt: realizările din anii de început, agenții cognitivi instruibili și ingineria cunoștințelor, prelucrarea limbajului natural, contribuțiile în tehnologia semnalului vocal în România, rețelele neuronale artificiale, contribuțiile în „soft computing”, hardware pentru IA, aplicații ale IA în medicină și biologie, înțelegerea și interpretarea imaginilor și filmelor (video), cercetările efectuate în cadrul firmelor din România cu exemplificare pe *Continental Automotive Romania* și, în final, revistele relevante pentru domeniul IA.

Dr. ing. Adrian Davidoviciu descrie, în capitolul *Informatica industrială*, o serie de momente semnificative, realizări practice, personalități și publicații din domeniul conducerii cu calculatorul a proceselor tehnologice, roboticii și sistemelor în timp real, inclusiv cele pentru asistarea deciziilor, exportului de produse informatice și colaborării internaționale. Autorul arată că primele aplicații semnificative în România, de conducere cu calculator a proceselor industriale, au început în anii 1960, odată cu înființarea Institutului de Proiectări Automatizări (IPA). După anul 1960, s-au implementat și alte aplicații de conducere cu calculatoare de proces și sisteme în timp real, cu precădere în industria chimică, metalurgie, energetică etc., cu contribuția unor specialiști din centrele de calcul din întreprinderile respective și institutele de cercetare / proiectare din aceste industrii. Dintre realizările mai semnificative la care au avut o contribuție majoră specialiștii din laboratorul de profil al ICI (Institutul de Cercetări în Informatică) se menționează cele de la combinatele siderurgice de la Reșița și Galați, combinatele chimice de la Pitești și Midia, Combinatul Siderurgic Krivoi-Rog (Ucraina) și la Combinatul Siderurgic din Mangalore (India) etc.

În capitolul *Informatica economică: trecut, prezent și viitor*, prof. Ion Ivan prezintă evoluția unui domeniu de aplicații important al Științei și tehnologiei informației. Autorul descrie, pe rând, caracteristicile distinctive ale domeniului, istoria învățământului de specialitate, al cărui „act de naștere” oficial poate fi considerat Hotărârea de guvern nr. 2 365 din 20 septembrie 1967, prin care se statuează înființarea Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică, specializările informaticienilor economiști (programator, analist de sistem, designer,

tester și implementator), principalele personalități și rezultate în cercetarea din domeniu, publicațiile cele mai importante. Un subcapitol distinct se referă la *Cibernetică*, o disciplină în care se pot evidenția priorități românești semnificative și recunoscute pe plan internațional.

În finalul volumului se prezintă sintetic evoluția domeniului Știința și Tehnologia Informației în Academia Română și înființarea secției de specialitate în urmă cu 27 de ani.

În anul 1967, atunci când a fost lansat *Programul național de dotare a economiei românești cu tehnică de calcul*, la un milion de locuitori reveneau 1,6 calculatoare în România, față de 10 în Grecia, 32 în Franța, sau 46 în Republica Federală Germania. În anul 2018, în sectorul TI&C (Tehnologia Informațiilor și Comunicațiilor), activează peste 100 000 de persoane, care contribuie cu 6% la PIB-ul României.

București, iunie, 2018

Acad. Florin Gheorghe Filip

MICRO- ȘI NANOEELECTRONICA

DAN DASCĂLU*

Acest capitol este dedicat dezvoltării în România a domeniului de dispozitive semiconductoare, circuite integrate, micro- și nanoelectronică. Se jalonează traseul urmat de școala doctorală de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații de la Universitatea „Politehnica” din București, cercetarea științifică și dezvoltarea tehnologică pe platforma industrială Băneasa, activitățile de cercetare și de proiectare din țară de după decembrie 1990, inclusiv cele din domeniul electronicii nucleare, urmărind în final împlinirea profesională în cadrul unor companii și universități importante de pe glob a unor specialiști formați în România. Încercăm să subliniem varietatea abordărilor ingineresti și caracterul multidisciplinar al acestui domeniu, precum și importanța formării și valorificării experienței profesionale într-un ecosistem educație–cercetare–inovare. În final, rămâne întrebarea retorică: există o masă critică de resurse și o strategie care să asigure o perspectivă favorabilă pentru implicarea României în domeniu?

1. SUB SPECTRUL LEGII LUI MOORE – UN TUR AL DOMENIULUI, GHIDAȚI DE ANDREAS WILD

Turul de orizont care urmează se bazează pe largi extrase (reproduse cu permisiunea autorului) din *Micro- and nanoelectronics today*¹. Micro- și nanoelectronică este numele folosit în prezent pentru industria de semiconductori, bazată în principal pe folosirea siliciului ca material semiconductor. Aici, după apariția tranzistorului și a circuitului integrat, acum mai bine de o jumătate de secol a apărut și o predicție legată de evoluția domeniului, denumită ulterior *legea lui Moore*. Cităm:

„Una dintre cele mai importante contribuții ... legea lui Moore care prezicea dublarea numărului de tranzistoare pe un cip la intervale regulate² ...

* Capitol scris cu colaborarea: Radu Bârsan, Marius Bâzu, Gheorghe Brezeanu, Octavian Buiu, Petru Dan, Dragoș Dobrescu, Anca Manolescu, Aurel Millea, Alexandru Müller, Raluca Müller, Gheorghe Pascovici, Cornel Stănescu, Gheorghe Ștefan, Traian Vișan, Andreas Wild.

¹ Capitol scris de Andreas Wild pentru volumul *Advances in micro- and nanoelectronics*, Edit. Academiei, 2018. Autorul și-a luat diploma de inginer la Facultatea de Electronică a Politehnicii bucureștene și cea de doctor inginer la Institutul de Fizică Atomică (o notă biografică apare în secțiunea 6.2).

² Moore, G.E., *Cramming More Components on to Integrated Circuits*, Electronics, 19 aprilie, 1965, p. 114; reluat în Proceedings of the IEEE, vol. 86, nr. 1, p. 82, ianuarie 1998.

în cvasisincronizarea evoluției tehnologice în lungul lanțului valoric, ceea ce a rezultat într-o relativă predictibilitate a cererii, facilitând enorm investițiile: furnizorii de echipamente, materiale și sisteme de proiectare automatizate puteau identifica noi capacități necesare ... și investi cu suficient timp înainte (tipic, trei–cinci ani) pentru a avea soluții disponibile când urma să fie cerute; fabricanții de semiconductoare se grăbeau să le preia pentru a duce la bun sfârșit dezvoltarea ... înaintea competitorilor; la rândul lor fabricanții de echipamente anticipaseră noua generație de produse semiconductoare și erau gata să o integreze în proiectele lor.”

Andreas Wild se ocupă în continuare de un prim subdomeniu. Cităm:

„Sub nume puțin atractive, cum ar fi inginerie sau proiectare asistată de calculator, modelare, simulare etc. se înțelege de fapt modul contemporan de a face știință, constând în a formula ipoteze cu privire la fenomenele care au loc într-un sistem (fie el o cameră de reacție, un strat subțire, o structură de tranzistor, un circuit electronic, o arhitectură de calcul, o fabrică – orice!), a le descrie cu mijloace matematice, a verifica formulele prin confruntare cu date experimentale, dar și a exersa noua teorie pentru a face preziceri în cazuri încă neexplorate. ... În anumite domenii, cum ar fi proiectarea circuitelor, s-a ajuns la un nivel de precizie excepțional, fără de care ar fi imposibilă realizarea circuitelor integrate cu miliarde de componente. În altele, rezultatele experimentale încep abia să fie descrise prin aproximații matematice fără conținut fizic, iar nivelul de înțelegere trebuie încă să facă progrese importante înainte de a se putea formula o teorie.

Acest paragraf este un tribut adus specialiștilor în «modelare și simulare», rareori vizibili în afara cercului colegilor de specialitate, dar care creează baza științifică fără de care domeniul nu ar putea avansa în ritmul rapid pe care îl susține de decenii.”

Domeniul simulării și proiectării asistate de calculator a supraviețuit în țara noastră industriei de semiconductori – proiectele realizate în firmele din România sunt implementate în siliciu în facilități din exterior (exemple în secțiunea 3.3). Concomitent, trebuie menționat faptul că un român, *Andrei Vladimirescu* (secțiunea 6.3.3), lucrând într-o echipă a Universității California, la Berkeley, a avut o contribuție unanim recunoscută la elaborarea programului de simulare SPICE, folosit în proiectarea tuturor circuitelor integrate.

Micro- și nanoelectronica implementează în siliciu sisteme predominant digitale. Acestea trebuie să lucreze cu două semnale standard, două cifre, corespunzând algebrei boolene³. Cităm din nou:

„Pentru a implementa algebra booleană mai este nevoie de un singur element: un inversor; în plus, acesta trebuie să fie și amplificator pentru a compensa pierderile termodinamice care altfel ar duce la atenuarea continuă a semnalului util până la dispariția lui sub zgomot.

Până acum, omenirea a inventat trei tipuri de inversor amplificator: trioda (1907), tranzistorul bipolar (1947) și tranzistorul cu efect de câmp (brevetat în 1929,

³ G. Boole, *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, Macmillan, 1854. Retipărită cu corecții de Dover Publications, New York, NY, 1958, apoi de Cambridge University Press, 2009; ISBN 978-1-108-00153-3.

demonstrat ca structură Metal–Oxid–Semiconductor – MOS în 1960). Nicio descoperire nu a mai avut loc în ultimii 70 de ani!

Tentativele de a utiliza alte efecte (de exemplu, din istorie, *joncțiunea Josephson*; mai recent, efecte de spin) studiază dispozitive care inversează semnalul dar nu au amplificare, deci pot fi luate în considerare numai ca supliment pentru tehnologia tradițională.

Câtă vreme nu există nicio alternativă la logica booleană implementată cu tranzistoare MOS, micro/nanoelectronica va continua să progreseze evolutiv. Pare din ce în ce mai probabil că evoluția va stagna la un moment dat din cauza atingerii unor limite inevitabile, cum ar fi structura atomică a materiei sau absența materialelor cu proprietăți adecvate. De aceea este fundamental ca cercetarea dispozitivelor „dincolo de CMOS” să continue și să se amplifice⁴.”

Legat de necesitatea unor cercetări care să implice principii noi, cum ar fi *efecte de spin* notăm implicarea cercetătorilor români din IMT București conduși de *Alexandru Müller* (secțiunea 4.5.10) într-un nou proiect european, CHIRON⁵. De studiul unor tipuri complet noi de tranzistoare (cu un singur electron) s-a ocupat și *Adrian Ionescu*, la EPFL, Laussane (secțiunea 6.4.2), în timp ce *Sorin Melinte* studiază posibilitatea ca funcțiile electronice să fie realizate la nivelul unei molecule sau grup de molecule (secțiunea 6.4.4).

O altă direcție de acțiune este legată de folosirea unor noi materiale semiconductoare. Andreas Wild continuă:

„O altă direcție de cercetare constă în păstrarea inversoarelor amplificatoare existente, dar înlocuirea siliciului cu alte materiale. Între materialele luate în considerație se numără straturi de siliciu depuse pe safir; cristale de diamant; semiconductoarele compuse (din grupele III–V sau II–VI ale tabelului periodic) cărora se aștepta că le va aparține viitorul; mai recent, materiale cu bandă interzisă mare, ca nitru de galiu sau carbura de siliciu. Aceste materiale prezintă o proprietate sau alta superioară siliciului, de pildă mobilitatea electronilor este mult mai mare în GaAs decât în siliciu, dar prezintă dezavantaje în alte privințe. Numeroase încercări nu au reușit până acum să valorifice avantajele și să compenseze dezavantajele decât, în cel mai bun caz, într-o nișă. Ca urmare, siliciul continuă să fie materialul larg utilizat, în timp ce materialele alternative rămân un subiect de cercetare.

⁴ În raportul semnat de Erica Wiseman „Next Generation Computing” (National Research Council of Canada http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc268/p805200_A1b.pdf) se face un studiu scientometric care evidențiază, printre altele, direcția de cercetare *biocomputing* (modele de calcul inspirate din materia vie). Aici este citat acad. *Gh. Păun*, ca fiind inițiatorul alternativei *membrane computing* (a se vedea capitolul de Informatică teoretică din acest volum).

⁵ Este vorba de acceptarea pentru finanțare în Orizont 2020, tehnologii viitoare emergente (FET) a proiectului *Spin Wave Computing for Ultimately Scaled Hybrid Low Power Electronics* (CHIRON), care urmărește dezvoltarea *quantum computing* pe bază de *unde de spin*, ca un supliment al tehnologiilor CMOS. Laboratorul dr. *Al. Müller* (partener în acest proiect coordonat de către IMEC, Belgia) se va ocupa de caracterizarea nanorezonatorilor magnetoelectrice și multiferoici care asigură cuplajul, precum și de fabricarea de dispozitive cu rezonanță acustică de volum (FBAR), cu dimensiuni laterale de cca 100 nm și frecvențe de rezonanță mai mari de 10 GHz, parametri ambițioși chiar și pentru acest colectiv care deține priorități europene în domeniu (*comunicare personală*).

În ultimul timp a crescut interesul pentru materiale pe bază de carbon (nanotuburi, grafenă). Alte materiale, de pildă polimeri, au performanțe mult inferioare siliciului pentru prelucrarea datelor, dar există speranța de a progresa sau de a identifica nișe unde anumite proprietăți existente, de pildă, flexibilitatea mecanică a substratului, ar putea găsi aplicații.

Menționăm și aici interesul cercetătorilor români din țară (Gheorghe Brezeanu, secțiunea 2.5) și din străinătate (Viorel Banu, Florin Udrea, secțiunile 6.3.6, respectiv 6.4.3) pentru utilizarea semiconductorilor cu bandă interzisă mare, dar și inaugurarea relativ recentă a unui centru de cercetare (CENASIC) dedicat (nano)materialelor pe bază de carbon (secțiunea 4.3). Cercetările sunt coordonate de Mircea Dragoman (secțiunea 4.5.4).

Așa cum am arătat, progresul industriei de profil este strâns legat de aspectele economice. Reducerea costului pe dispozitiv se poate face și prin utilizarea de noi tipuri de tranzistoare MOS. Cităm din nou:

„În acest moment industria utilizează în circuitele integrate trei tipuri de tranzistoare MOS⁶: structura planară tradițională; structura de siliciu pe izolator, ambele ultra subțiri, cu substrat total sărăcit de purtători (FDSOI – UTBB); respectiv structura cu „creastă” de siliciu („Fin”) a tranzistoarelor FinFET. Industria produce și alte tipuri de tranzistoare, adesea numai ca dispozitive discrete, cum ar fi tranzistoare bipolare cu joncțiuni, tranzistoare FET cu poartă–joncțiune (JFET), tranzistoare bipolare cu poartă izolată (IGBT) etc., care se regăsesc în aplicații de nișă. Efortul de a reduce costurile de fabricație utilizează două metode: miniaturizarea și creșterea diametrului plăcilor de siliciu; în plus, succesul comercial al tuturor inovațiilor depinde esențial de menținerea randamentele de fabricație cât mai aproape de 100%.”

Realizarea tranzistoarelor ultrasubțiri este legată de tehnologia SOI (*silicon on insulator*) al cărui promotor a fost un român, Sorin Cristoloveanu, într-un centru pe care îl coordonează la Grenoble (detalii în secțiunea 6.1). După patru decenii, dr. Cristoloveanu a fost al doilea european care a primit Premiul anual A.S. Grove acordat de IEEE în domeniul semiconductorilor.

Turul de forță legat de miniaturizarea continuă a tranzistoarelor impune perfecționarea proceselor tehnologice și găsirea materialelor celor mai potrivite, așa după cum rezultă din citatele care urmează. Andreas Wild menționează:

„Tehnologia crucială a miniaturizării este fotogravura. Azi se utilizează expunerea în ultravioletul adânc cu lungimea de undă de 193 nm generată de laserul cu ArF, care a putut fi extinsă spre dimensiuni minime mult sub limita de difracție ... În viitorul apropiat se anticipează introducerea expunerii în ultravioletul extrem (EUVL) cu o lungime de undă de 13,5nm, care se află într-o fază avansată

⁶ Tranzistoarele MOS (Metal–Oxid–Semiconductor) au fost construite inițial cu bioxid de siliciu (SiO₂) pe post de oxid (izolant) între poarta metalică (M) și canalul conductor de la suprafața semiconductorului (S), formând un capacitor MOS. Constantin Bulucea (secțiunea 6.3.1) a avut contribuții la studiul injecției în oxid. Radu Bârsan (secțiunea 6.3.5), Cornel Cobianu (secțiunea 4.5.2) ș.a. au contribuit la dezvoltarea în țară a tehnologiei MOS.

de dezvoltare la fabricantul echipamentului (ASML) împreună cu furnizorii și colaboratorii săi.”

În acest punct menționăm faptul că la ASML lucrează exact în acest domeniu cel mai talentat inginer român în fotograură, Mircea Dușa, care a plecat în 1990 în SUA (secțiunea 6.3.3).

Următorul citat subliniază importanța noilor materiale și în tehnologia consacrată (CMOS):

„Reducerea dimensiunilor a necesitat uneori modificări structurale importante, inclusiv înlocuirea materialelor utilizate anterior. Astfel, pentru nodurile cu dimensiune minimă sub 45 nm, grosimea bioxidului de siliciu nitrurat utilizat ca izolator între poartă și canalul conductor ar fi trebuit să scadă sub 1 nm pentru ca poarta să mențină controlul electrostatic asupra canalului, dar aceasta ar fi dus la un curent de fugă excesiv între poartă și canal, deoarece electronii puteau traversa izolatorul prin efect tunel. Ca urmare, a fost nevoie de un izolator cu constantă dielectrică mult mai mare, pentru a permite același control electrostatic cu un strat mult mai gros. După enorm de multe încercări s-au selecționat materiale pe bază de hafniu: bioxid de hafniu cu diferite adaosuri.”

S-a demonstrat recent că acest nou izolant, HfO_2 , utilizat în locul SiO_2 , dacă este dopat cu zirconiu capătă proprietăți feroelectrice, ceea ce este de interes pentru realizarea memoriilor nevolatile și deschide perspective de realizare ale unei noi generații de memorii semiconductoare, cu un consum mult mai mic de energie. Această cercetare este finanțată dintr-un proiect european și implică un colectiv din INCD Fizica Materialelor⁷.

În continuare preluăm un extras care scoate în evidență importanța microsystemelor și implicit a microtehnologiilor care permit construcția lor. Cităm:

„Una dintre cele mai spectaculoase extinderi în utilizarea tehnologiei de semiconductoare este inventarea sistemelor electro-mecanice micro- sau nanometrice (MEMS, NEMS). În particular, posibilitatea de a crea bârne, mase suspendate, membrane etc. și de a sesiza sau a determina mișcarea lor prin mijloace electrice (variații de capacitate, de frecvență etc.) a dus la o nouă clasă de senzori inerțiali (accelerometre, girometre), de senzori sau activatori de presiune (microfoane, micro-pompe), de senzori chimici sau moleculari. Astfel de structuri și-au găsit repede utilizatori, ceea ce a dus la o activitate de cercetare susținută, care va continua și în viitor, pentru a construi MEMS / NEMS capabile să sesizeze mărimi și fenomene variate și a le integra în sisteme urmând modelul „sistemului pe un cip” (SoC) pentru a crea un laborator de analize chimice pe un cip, un monitor de sănătate sau de exerciții fizice pe un cip etc.”

Ca și domeniul dispozitivelor de putere, cel al MEMS reprezintă un domeniu de nișă, în care legea lui Moore nu se aplică. Domeniul este însă extrem de important

⁷ Lucian Pintilie, *INCDFM participă la elaborarea viitoarei generații de memorii nevolatile*, Market Watch, Nr. 200, decembrie 2017. Preocupări legate de utilizarea acestui material există și în INCD Microtehnologie (în 2017 se realizează primele defazoare și arii de antene pentru comunicații 5G pe baza feroelectricilor din familia HfO_2 având grosimea câtorva straturi atomice, cf. *Mircea Dragoman*, secțiunea 4.4.4).

pentru că permite realizarea interfețelor între modulele electronice inteligente (care procesează informația) și mediul înconjurător, cu integrarea (eventual hibridă) a unui sistem complet într-o unică componentă. Acest domeniu este strâns legat de obiectul de activitate al INCD pentru Microtehnologie (IMT București), a se vedea secțiunea 4.3. De pildă, tehnologia MEMS a fost aplicată cu succes în proiecte europene pentru realizarea unor senzori sau a unor componente pentru frecvențe foarte înalte (microunde și unde milimetrice), după cum au demonstrat Alexandru Müller (secțiunea 4.5.10), respectiv Dan Neculoiu (secțiunea 2.4.4). Preocupări similare și rezultate similare au cercetători români cum sunt Sorin Voinigescu (secțiunea 6.4.1) sau Daniel Lăpădatu (secțiunea 6.4.5). O lucrare a celui din urmă este menționată și la sfârșitul citatului următor.

„Frontiera dintre fabricanții de semiconductoare și clienții lor este în continuă mișcare. Astfel, asamblarea componentelor electronice pentru a produce circuite a fost în mare măsură preluată de firmele producătoare de circuite integrate. În mod similar se constată că există deja cazuri concrete de aplicare a unor tehnologii dezvoltate inițial pentru semiconductoare, sau inspirate din tehnologia semiconductoarelor pentru a genera produse care se pot caracteriza drept sisteme. Fabricanții de componente au conceput și realizat deja proiecte și produse de sisteme integrate, în versiunea lor cea mai simplă descrise ca „sistem într-o capsulă” (System in Package, SIP). În ultimul timp au fost raportate proiecte ambițioase, adresând domenii tradițional rezervate fabricanților de echipamente, pentru care tehnicile inspirate de semiconductori aduc elemente importante de inovație – anumite soluții punctuale ajungând până într-o fază industrială⁸.”

În final, sistemele și arhitectura acestora sunt subiectul comentariilor lui Andreas Wild (lucrarea menționată). Cităm:

„Se consideră patru domenii despre care se anticipează că vor determina cererea de componente: sisteme mobile; micro-servere; centre de calcul; și internetul obiectelor (IoT). De asemenea, se listează aplicațiile de interes: analiza bazelor de date uriașe; recunoașterea formelor; simularea evenimentelor discrete: simularea sistemelor fizice; optimizarea; reprezentarea grafică; prelucrarea datelor din media; codificarea / decodificarea criptografică.”

În legătură cu cele de mai sus, preluăm următoarea remarcă. Prin creșterea numărului de tranzistoare pe „cip” în concordanță cu legea lui Moore nu crește în mod automat și funcționalitatea sistemului, deoarece „populația” tot mai numeroasă de dispozitive este greu de organizat și „activat” printr-un software convențional. După prof. Gh. Ștefan⁹, soluțiile trebuie căutate mai întâi în utilizarea unei arhitecturi modulare și de procese de autoorganizare bazate pe rețele neurale, pentru ca într-o a doua etapă sistemele modulare să fie programate prin tehnici tip „*machine learning*”.

⁸ D. Lăpădatu, *Heterogeneous Systems*. În: Puers, E., Baldi, L., Van de Voorde, M., van Nooten, Sebastiaan E., „Nanoelectronics. Materials, Devices, Applications”, WILEY-VCH, 2017, p. 397.

⁹ Gh. Ștefan, *New Developments in functional electronics triggered by artificial intelligence*, Romanian Journal for Information and Technology, vol. 20, p. 185 (www.romjist.ro).

2. ȘCOALA DE DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE A PROFESORULUI MIHAI DRĂGĂNESCU

2.1. MIHAI DRĂGĂNESCU – PROFESOR ȘI CONDUCĂTOR DE DOCTORAT

Gheorghe Brezeanu

La începutul anilor '60, în Facultatea de Electronică a Politehnicii din București exista Catedra de Tuburi, Tranzistoare și Circuite Electronice, condusă de profesorul Tudor Tănăsescu, membru corespondent al Academiei (din 1952). Profesorul Tănăsescu a fost și director tehnic al Institutului de Fizică Atomică (IFA). Din nefericire, a dispărut în 1961, la numai 60 de ani.

Ștafeta a fost preluată de către profesorul **Mihai Drăgănescu**, care a fost șeful Catedrei de specialitate (până în 1990) și a condus numeroși doctoranzi (începând cu anul 1966). Rolul profesorului Mihai Drăgănescu ca șef de școală este prezentat pe larg într-un volum din care cităm¹⁰ o serie de pasaje.



Acad. Mihai Drăgănescu

„A debutat în cariera universitară la Universitatea POLITEHNICA București, unde a devenit profesor la numai 33 de ani. În activitatea didactică a constituit un model de referință care s-a individualizat prin vigoare, rigurozitate științifică, noutatea cunoștințelor. Prelegerile de curs¹¹, întotdeauna, clare, explicite, bine documentate, s-au bazat pe un suport matematic adecvat, cu modele fizice intuitive și noutăți de ultimă oră din cercetări proprii și literatura de specialitate...

În circa 30 de ani a coordonat aproape tot atâtea programe de doctorat în Microelectronică¹². Doctoranzii care au finalizat tezele în deceniul al șaptelea al secolului trecut (până în 1982, mai precis) au format prima generație de elită a școlii românești de microelectronică. Patru dintre aceștia au devenit membri ai Academiei Române, mulți sunt profesori universitari în electronică și microelectronică, alții sunt specialiști de marcă în Silicon Valley (la Sun Disk, National Semiconductor etc.). La rândul lor opt dintre doctorii îndrumați de Profesor au obținut abilitarea.

¹⁰ A se vedea secțiunea 2.2, *Profesorul Mihai Drăgănescu – fondatorul Microelectronicii în România* (Gh. Brezeanu) în volumul *Școala românească de micro- și nanoelectronică* (coordonator Dan Dascălu), Edit. Academiei, 2018. Acest volum va fi citat frecvent în capitolul de față sub denumirea prescurtată de **SRMN 2018**. Lucrarea poate fi consultată on-line la adresa www.link2nano.ro/acad/SRMN.

¹¹ A fost profesor la disciplinele: *Tuburi, Tranzistoare și Circuite Electronice* (în perioada: 1961–1965), *Teoria și Proiectarea circuitelor integrate* (1971–1972), *Dispozitive și Circuite Electronice* (1985–1989).

¹² Tematica acestor doctorate a fost legată de două direcții fundamentale: *Electronica corpului solid* și *Știința și ingineria dispozitivelor semiconductoare și circuitelor integrate*.

Cei peste 100 de doctori coordonați de acești conducători constituie a doua generație de specialiști în microelectronică. Sunt cercetători remarcabili care activează la universități de prim rang (University of Cambridge, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, UPB etc.), institute de cercetare cu obiective în Microelectronică (mulți la IMT București), sau la companii multinaționale de dispozitive și circuite integrate (ON-Semiconductor, Infineon, Microchip etc.).

În perioada 1961–1990, profesorul Mihai Drăgănescu a condus, la Facultatea de Electronică și Telecomunicații (în prezent facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației – ETTI), o catedră¹³ specializată în microelectronică.

În 1961 se publică prima carte de circuite cu semiconductoare¹⁴ la care Profesorul a scris (ca unic autor sau în colaborare cu Andrei Mircea) toate capitolele dedicate tranzistorului bipolar. „*Procese electronice...*”¹⁵ este prima lucrare de autor a profesorului Mihai Drăgănescu și totodată întâia monografie științifică despre tranzistor și joncțiunea pn publicată în România, una din primele apărute în lume. ... Profesorul Mihai Drăgănescu propune o nouă teorie a nivelelor mari de injecție care s-a concretizat printr-un set de expresii analitice pentru curenții tranzistorului în regim staționar și pentru factorii statici de amplificare de curent, precum și pentru dependența unor parametri dinamici (conductanța de transfer, conductanțele colector–emitor, bază–emitor și bază–colector, capacitățile interne) de nivelul de injecție.

*Electronica corpului solid*¹⁶ este o lucrare fundamentală despre semiconductori, un manual de referință în pregătirea doctoranzilor în microelectronică și fizica semiconducturilor. În lucrare se investighează fenomenele de conducție electronică în corpul solid. Conducția curentului electric, realizată în semiconductori și metale prin mișcarea dirijată a electronilor, este esențială pentru înțelegerea funcționării dispozitivelor semiconductoare. Se reușește pentru prima dată o tratare inginerească a proceselor electronice din corp solid. Cartea este astfel, o replică inginerească a tratatelor de fizica corpului solid sau, din alt unghi, o punte între electronică și fizica solidului.

*Electronica Funcțională*¹⁷ este, așa cum se subliniază în prefața cărții (scrisă de Profesor), un mod nou de a privi electronica prin funcțiunile pe care ea urmează să le realizeze în raport cu realitatea tehnologică, umană și socială, precum și cu mediul înconjurător. Electronica funcțională este considerată o parte a tehnologiei funcționale, deoarece în primul rând interesează funcțiunea realizată de un anumit ansamblu tehnologic, care poate fi, parțial sau total, electronic.

Pentru microelectronică românească Profesorul Mihai Drăgănescu este fondatorul, iar cărțile sale pietre de temelie. Creator, așa cum s-a demonstrat mai sus,

¹³ Catedra s-a numit la început de *Tuburi și Circuite Electronice* și apoi *Dispozitive, Circuite și Aparatură Electronice* – DCAE.

¹⁴ Tudor Tănăsescu (coordonator), *Circuite cu tranzistoare*, Edit. Tehnică, București, 1961.

¹⁵ M. Drăgănescu, *Procese electronice în dispozitive semiconductoare de circuit*, Edit. Academiei, București, 1962.

¹⁶ M. Drăgănescu, *Electronica Corpului Solid*, Edit. Tehnică, București, 1972.

¹⁷ M. Drăgănescu, G. Ștefan, C. Burileanu, *Electronica Funcțională*, Edit. Tehnică, București, 1991.

al școlii românești de microelectronică, Profesorul a contribuit la făurirea industriei¹⁸ și cercetării¹⁹ în domeniu.

Important de menționat este că în 1966, cunoscând evoluția pe plan mondial a cercetărilor și realizărilor din domeniul circuitelor și dispozitivelor electronice folosite în fabricația de calculatoare, Profesorul a inițiat asimilarea tehnologiei siliciului la IPRS-Băneasa cu performanțe net superioare tehnologiei bazată pe germaniu. Astfel în România avea loc «trezirea la dezvoltarea unei industrii electronice profesionale»²⁰.

Profesorul Mihai Drăgănescu a coordonat 26 de doctoranzi²¹, astăzi personalități de elită în domeniul microelectronicii, membri ai Academiei Române, cercetători în Silicon Valley, universitari la Departamentul de Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice de la actuala Facultate de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației (ETTI). Dintre aceștia, 8 profesori conduc în prezent programe de doctorat în *Școala doctorală de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din București*, coordonată de către profesorul Gheorghe Brezeanu.

2.2. ȘCOALA DOCTORALĂ ETTI ȘI FORMAREA DE SPECIALIȘTI ÎN MICROELECTRONICĂ²²

Școala doctorală de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din București (SD-ETTI-B) a fost fondată în aprilie 2012 la facultatea cu același nume (ETTI). Are peste 300 de doctoranzi în stagiul, coordonați de 50 de profesori abilitați să conducă programe de doctorat pe mai multe direcții de cercetare: prelucrarea semnalelor, transmisia și tehnologia informației, știința și ingineria calculatoarelor, comunicații, rețele, microelectronică, electronică aplicată. La 6 ani de la înființare, la SD-ETTI-B mai mult de 150 de teze de doctorat au fost susținute public, toate confirmate de către CNATCU.

¹⁸ În 1962 a luat ființă *IPRS-Băneasa* cu tehnologie pentru dispozitive și circuite integrate bipolare (a se vedea secțiunea 3.1, iar în 1983 *Microelectronica* pentru fabricarea de circuite integrate CMOS (a se vedea secțiunea 3.2).

¹⁹ În 1969 a fost creat (lângă IPRS) un centru de cercetări pentru componente electronice, care s-a transformat ulterior (1974) în *Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE)*. Evoluția acestui institut (care în 1996 a fuzionat cu *Institutul de Microtehnologie* devenind *INCD-Microtehnologie* sau *IMT București*) este descrisă în secțiunea 4.3.

²⁰ Marius Guran, *Începuturile și dezvoltarea informaticii în România. Contribuțiile academicianului Mihai Drăgănescu ca om de știință și manager vizionar*, *Academica*, Anul XXVII, Nr. 5–6, mai–iunie 2017, pp. 58–66.

²¹ Lista doctoranzilor profesorului Mihai Drăgănescu (cu anul susținerii tezei în paranteză) este următoarea: Dan Dascălu (1970), Roman Stere (1972), Constantin Bulucea (1974), Adrian Rusu (1975), Emil Sofron (1977), George Samachișă (1977), Ion Costea (1977), Anca Manolescu (Popescu) (1978), Anton Manolescu (1978), Vladimir Doicaru (1979), Gheorghe Ștefan (1980), Gheorghe Brezeanu (1981), Ali Muheidli Hussein (1981), Ioan Drăghici (1985), Corneliu Burileanu (1986), Dan Steriu (1986), Cornel George Mândușeanu (1987), Radu Alexandru Dragomir (1987), Petru Alexandru Dan (1988), Nicolae Mihai Iosif (1988), Mircea Bodea (1993), Mihai Mihăilă (1997), Nicolae Marin (1997), Dan Silvestru Popescu (1998), Grigore Stolojanu (1998), Ion Mihuț (1999).

²² Realizările acestei Școli doctorale sunt prezentate detaliat de către prof. Gh. Brezeanu în **SRMN 2018**.

Doctoratele în parteneriat au la bază acorduri încheiate de SD-ETI-B cu institute de cercetare și companii multinaționale cu activități de cercetare în microelectronică și telecomunicații prin care o serie de programe de doctorat sunt circumscrise obiectivelor unor proiecte de cercetare ale institutului/companiei. Pentru realizarea practică și măsurători se folosesc facilitățile tehnologice și echipamentele institutului de cercetare sau ale companiei iar laboratoarele din facultate asigură programe specializate de modelare și simulare și pot contribui la procesele de caracterizare și testare.

Colaborarea cu INCD Microtehnologie (IMT București), singurul institut de cercetare din țară cu obiectul de activitate legat de microelectronică, s-a concretizat prin teze de doctorat cu subiecte extrem de diverse. În domeniul **microfluidicii** s-au proiectat, realizat, caracterizat și testat două sisteme complexe de tip *lab-on-chip* pentru diagnosticare bazată pe analiza fragmentelor de acid dezoxiribonucleic (ADN)^{23,24}. O altă teză de microfluidică a propus o metodă de estimare a efectelor dispersiei în procesul de fabricație²⁵. Un alt domeniu este cel al **componentelor pentru microunde și unde milimetrice**. Una din teze a propus extensia diagramei Smith de la 2D la 3D²⁶. În altă lucrare s-a realizat o matrice de antene de unde milimetrice cu câștig ridicat (la frecvențe între 35 GHz și 220 GHz), conectată la un detector cu diodă²⁷. **Senzorii pe carbură de siliciu (SiC)** pentru măsurarea temperaturilor ridicate²⁸ și respectiv detecția de hidrocarburi de concentrații foarte mici²⁹ au reprezentat o altă direcție de cercetare (industria aerospațială și cea auto, industria cimentului, pile de combustie, etc.). Alte teze au fost legate de **structuri MEMS**^{30, 31, 32}.

Parteneriatul cu companiile ON Semiconductor, INFINEON și Microchip s-a concretizat prin teze de **circuite integrate analogice** în tehnologii CMOS și BiCMOS, care au cunoscut o evoluție spectaculoasă în ultimii ani. Prin arhitecturile de circuit propuse în lucrările de doctorat s-a urmărit ca odată cu creșterea densității

²³ Fiz. Monica Simion, *Noi structuri pe siliciu pentru aplicații biomedicale*, 2011, coordonator prof. Gheorghe Brezeanu.

²⁴ Mat. Oana Nedelcu, *Componente pentru microfluidică integrabile în corp solid simulare, proiectare, modelare și caracterizare*, 2011, coordonator prof. Gheorghe Brezeanu.

²⁵ Mat. Irina Codreanu, *Estimarea variației parametrilor funcționali ai componentelor microfluidice ca urmare a dispersiei de fabricație*, 2011, coordonator prof. Dan Dascălu.

²⁶ Ing. Andrei Müller, *O teorie de proiectare în microunde bazată pe geometria lui Klein*, 2011, coordonator prof. Dan Dascălu.

²⁷ Ing. Alina Bunea, *Contribuții la antene de unde milimetrice pentru aplicații de imagistică*, 2015, coordonator: prof. Gheorghe Brezeanu.

²⁸ Ing. Gheorghe Pristavu, *Caracterizarea diodelor Schottky pe carbura de siliciu pentru aplicații de înaltă temperatură și tensiune*, 2015, coordonator: prof. Gheorghe Brezeanu.

²⁹ Ing. Răzvan Pascu, *Modele și tehnologii de realizare de senzori pe carbură de siliciu (SiC) pentru medii ostile*, 2015, coordonator prof. Dan Dascălu.

³⁰ Ing. Carmen Moldovan, *Microsenzori rezonanți integrați*, 2003, coordonator: prof. Anca Manuela Manolescu.

³¹ Fiz. Cristina Tuinea Bobe, *Micromembrane realizate prin tehnici de microprelucrare utilizate în senzori și microsiseme inteligente*, 2011, coordonator: prof. Adrian Rusu.

³² Ing. Angela Baracu, *Contribuții la realizarea tehnologică de senzori și structuri MEMS*, 2017, coordonator: prof. Gheorghe Brezeanu.

de integrare și a numărului de componente pe chip, și frecvenței de lucru³³ să se reducă tensiunea de alimentare și puterea disipată pe circuit^{34,35}. Colaborarea cu ON Semiconductor pe linia **comenzii LED-urilor** s-a finalizat prin teze care se proiectează o nouă arhitectură de circuit de control pentru convertoare buck flotante³⁶ și respectiv două structuri inovative de convertoare optimizate³⁷.

2.3. CERCETARE ÎN DEPARTAMENTUL DE DISPOZITIVE, CIRCUITE ȘI ARHITECTURI ELECTRONICE

2.3.1. Domeniul dispozitivelor și circuitelor electronice³⁸

Colectivele de cercetare „*Dispozitive semiconductoare de microunde*” (1973) și respectiv „*Electronica Fizică*” (1990) au fost formate și conduse de către profesorul **Dan Dascălu**³⁹.

Profesorul **Marcel Profirescu** a înființat în 1976 *Centrul de cercetare și dezvoltare în domeniul microelectronicii* (EDIL), cu activități în domeniul simulării, extragerii de parametri, proiectarea sistemelor analogice și digitale.

Cercetările realizate de către profesorul **Adrian Rusu**⁴⁰ se referă la: dioda Schottky cu gradient lateral al concentrației de impurități, capacitor variabil electronic, tetroda cu inducție statică, curbele de calcul ale străpunerii capacitorului MOS, optimizarea străpunerii joncțiunilor PN cu electrod de câmp, modele electrice unificate pentru tranzistoare MOS, diode Zener și tranzistoare cu inducție statică. În cadrul grupului său de cercetare, în care a lucrat cu mult entuziasm, a enunțat, demonstrat și dezvoltat teorema conducției electrice neliniare. Aceasta a fost aplicată în cazul a numeroase structuri semiconductoare. De asemenea, a dat numele unui model pentru tranzistorul MOS bazat pe un circuit echivalent.

Menționăm următoarele proiecte de dispozitive și circuite integrate:

o Primul CI CMOS cu semnale mixte analogice și digitale din Romania (1987, **Claudius Dan**);

o Analiza termică a dispozitivelor semiconductoare și a CI (**Mircea Bodea**, **Andrei Silard**⁴¹).

³³ Ing. Sivan Spiridon, *Analysis and design of monolithic CMOS software-defined-radio receivers*, 2011, coordonator: prof. Mircea Bodea.

³⁴ Ing. Horia Iacob, *Enhanced performance VLSI circuits, with emphasis on current references, voltage references and low-dropout voltage regulators*, 2010, coordonator: prof. Anca Manuela Manolescu.

³⁵ Ing. Cosmin Popa, *Circuite integrate analogice cu performante îmbunătățite*, 2003, coordonator: prof. Anton Manolescu.

³⁶ Ing. Vlad Anghel, *Circuit de control hibrid pentru alimentarea în comutație a ledurilor*, 2014, coordonator: prof. Gheorghe Brezeanu.

³⁷ Ing. Anca Vasilica, *Proiectarea circuitelor integrate de mică putere folosite pentru comanda ledurilor*, 2015, coordonator: prof. Gheorghe Brezeanu

³⁸ **Gheorghe Samachișă**, inventatorul *split gate flash memory*, membru fondator al SanDisk (vicepreședinte responsabil cu tehnologia), în Silicon Valley, a părăsit țara la începutul anilor '80.

³⁹ Informații apar în secțiunea 2.4 (inclusiv note biografice ale profesorilor Dan Dascălu și Dan Neculoiu).

⁴⁰ O notă biografică apare în secțiunea 2.7 (In Memoriam).

⁴¹ O nota biografică Andrei Silard apare în secțiunea 2.7 (In Memoriam).

Proiectul de *Dispozitive Avansate pe Carbură pe Siliciu și Diamant și Proiectul terminația cu profil rampă de oxid*, coordonat de către profesor **Gheorghe Brezeanu**⁴².

În fine, cităm *laboratorul de Tehnologii micro- și nanoelectronice*⁴³, coordonat de către profesor **Anca Manolescu** și profesor **Anton Manolescu**.

2.3.2. Domeniul sistemelor și arhitecturilor electronice⁴⁴

- Dezvoltarea de aplicații ale microelectronicii în *CNAE* (Centrul pentru Noi Arhitecturi Electronice), înființat de Mihai Drăgănescu, cotutelat de Academia Română și catedra DCAE din Politehnică, v. <http://cnae.racai.ro/>.

- Dezvoltarea de aparate și circuite electronice în catedra de Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice.

- Laboratorul *Speed* (*Speech and Dialogue*) destinat cercetărilor în domeniul tehnologiilor limbajului natural, fondat în 1984, în care s-au dezvoltat sisteme de recunoaștere automată pentru limba română, v. <http://speed.pub.ro/>.

- Laboratorul de Electronică Funcțională, astăzi laboratorul de Circuite Digitale și Arhitecturi, *ARH*⁴⁵, în care s-au dezvoltat de-a lungul timpului proiectele *DIAGRAM*⁴⁶, *DIALISP*⁴⁷, *CONNEX*⁴⁸.

- Proiectul *CORAL*: minicalculator cu arhitectură PDP-11, introdus în fabricație, într-o versiune originală, la FCE, v. <https://ro.wikipedia.org/wiki/CORAL>.

- Proiectul *Free Linux for Romania*, v. <http://linux.punct.info/>.

2.4. COLECTIVE DE CERCETARE (DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE DE MICROUNDĂ ȘI A.) CONDUSE DE CĂTRE PROFESOR DAN DASCĂLU

2.4.1. Dan Dascălu: notă biografică

S-a născut în 1942. A absolvit în 1965 Universitatea „Politehnica” din București, *Facultatea de Electronică și Telecomunicații*. A desfășurat o activitate didactică neîntreruptă în aceeași facultate, din 1965 până în prezent, devenind profesor (1990) la Catedra de *Dispozitive, circuite și aparate electronice* (pe care a condus-o cu delegație în intervalul 1981–1985); a predat (până în 2011) cursul de *Dispozitive electronice* în limba engleză la Facultatea de inginerie în limbi străine (FILS) din Politehnică, precum și cursurile de *Microsenzori, Senzori inteligenți și micro sisteme* – master (2009). Din 2011 este *profesor emerit* al Universității „Politehnica” din București, predând în continuare cursurile de *Dispozitive electronice* și respectiv *Circuite*

⁴² Detalii apar în secțiunea 2.5, inclusiv o notă biografică a prof. Gh. Brezeanu.

⁴³ O scurtă prezentare a acestui laborator apare în secțiunea 2.6.

⁴⁴ Redactat de către profesor Gheorghe Ștefan. Informații suplimentare privind acest domeniu de cercetare apar în capitolul dedicat „inteligenței artificiale” din același volum.

⁴⁵ <http://arh.dcae.pub.ro/>

⁴⁶ <https://www.cocoon.ro/948/#>

⁴⁷ <https://ro.wikipedia.org/wiki/DIALISP>

⁴⁸ <http://users.dcae.pub.ro/~gstefan/2ndLevel/connex.html>

electronice fundamentale la Facultatea ETTI. A coordonat manuale apărute la Editura Didactică și Pedagogică: *Circuite electronice* (1981); *Dispozitive și circuite electronice* (1982). A fost autor sau coautor al altor lucrări didactice.

A obținut primul titlul de doctor inginer sub conducerea prof. Mihai Drăgănescu, cu teza: *Curenți limitați de sarcină spațială în corpul solid* (1970), urmare a unui stagiu în Marea Britanie (*research fellow* la Microelectronics Laboratory, University of Birmingham, 1968–1969). Lucrările științifice din primul deceniu după absolvirea facultății au abordat efectele de timp de tranzit, urmărind obținerea unui efect de rezistență negativă în semiconductori. De aici a rezultat o monografie științifică publicată direct în limba engleză⁴⁹. O a doua monografie, publicată în condiții similare, este dedicată dispozitivelor unipolare⁵⁰, fiind dintre primele lucrări de acest gen din lume, într-o perioadă în care electronica era dominată de dispozitivele bipolare. După știința noastră, este vorba de *primele monografii dedicate dispozitivelor semiconductoare care au fost publicate în străinătate de autori români*. Ele totalizează peste 1 000 de pagini.



Acad. Dan Dascălu

Începând din anul 1973 a condus un colectiv de cercetare al Catedrei care s-a ocupat de „*Dispozitive semiconductoare de microunde*”, în colaborare cu specialiști de pe platforma Băneasa. Acest colectiv a realizat *primele dispozitive generatoare de microunde* (diodele IMPATT), introduse ulterior în fabricație și exportate. Cercetarea s-a orientat apoi spre folosirea diodelor IMPATT în realizarea *primelor radiorelee digitale* pentru unde centimetrice, în timp ce colaborarea tehnologică cu IPRS-Băneasa a deschis un front nou de cercetare, cel legat de *contactul metal-semiconductor* (v. mai departe). Conduce doctorate începând din 1990. A coordonat (2010–2013) un proiect de studii postdoctorale, cu 35 de bursieri în „micro- și nanotehnologii”.

Este *membru titular al Academiei Române* din 23 martie 1993 (a fost ales membru corespondent la 13 noiembrie 1990). În perioada 1994–1998 a fost Președintele Secției de Știința și Tehnologia Informației. Din 1998 este editorul-șef al revistei *Romanian Journal for Information Science and Technology*, publicație ISI a Academiei Române și președintele *Comisiei de Știința și Tehnologia Microsistemelor* a Academiei Române. A organizat, sub egida Academiei Române, „*Seminarul Național de Nanoștiință și nanotehnologie*” (în 2017 la a 16-a ediție). Este coordonatorul seriei „*Micro- and Nanoengineering*”, care apare în Editura Academiei Române (25 de volume în limba engleză până în 2017). A fost (1998–2016) *președinte al Conferinței Internaționale de Semiconductoare* (CAS, eveniment IEEE, în 2016 la a 39-a ediție). În 2013 a fost *președinte al Comitetului de Program al ESSDERC* (European Solid-State

⁴⁹ Dan Dascălu, *Transit-time effects in unipolar solid-state devices*, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Publishing House of the Romanian Academy (1974).

⁵⁰ Dan Dascălu, *Electronic processes in unipolar solid-state devices*, Abacus Press, Tunbridge Wells, Kent, Publishing House of the Romanian Academy (1977). Aceasta este o versiune mai elaborată a monografiei Dan Dascălu *Injecția unipolară în dispozitive electronice semiconductoare*, Edit. Academiei (1972).

Device Research Conference), care și-a desfășurat cea de a 43-a ediție la București (pentru prima oară în estul Europei).

A fondat și a condus în calitate de *director* și respectiv *director general*, Centrul de Microtehnologie (1991), devenit, în 1993, Institutul de Microtehnologie, iar în 1996 (după fuziunea cu ICCE) **Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie** (IMT București), până în iunie 2011, moment în care institutul era creditat de către Comisia Europeană cu *cea mai bună participare la programele europene* dintre toate cele 46 de institute naționale, iar infrastructura sa experimentală performantă era grupată în *Centrul de Micro- și Nano-Fabricație, prima facilitate „deschisă” în domeniu din estul Europei*. A continuat să lucreze în Institutul de Microtehnologie până în iunie 2017⁵¹. A coordonat proiecte ale Uniunii Europene din programul TEMPUS (1991–1993), din Programul Cadru 6 (MINAEAST, ROMNET-ERA, MINOS-EURONET) și a reprezentat România în alte proiecte europene.

A coordonat (1997–2000) elaborarea programului național „*Societatea informațională*”. A avut alte activități pe plan național și european pentru dezvoltarea în țară a domeniului micro- și nanotehnologii. A fost distins cu Ordinul „*Serviciul Credincios*”, în grad de *Ofițer* (2000).

2.4.2. Colectivul de cercetare „Dispozitive semiconductoare de microunde” (din 1973)

Realizarea diodelor IMPATT (IMPact-Avalanche Transit-Time). În urma unei cercetări inițiate de către un colectiv din Institutul Politehnic București (în prezent UPB) s-au realizat *diodele IMPATT de mică și medie putere*, capabile să genereze și să amplifice microunde (cu performanțele din foaia de catalog Hewlett Packard)⁵², *dispozitive aflate sub embargou*. Aceste dispozitive au fost ulterior fabricate în serie de către IPRS-Băneasa și exportate. Folosind aceleași diode IMPATT, primele dispozitive semiconductoare *active* de microunde realizate în țară, colectivul din IPB s-a implicat în realizarea primelor radiorelee digitale din domeniul undelor centimetrice, concepute și realizate integral în țară⁵³.

Colectivul de cercetare format în 1973 a cuprins cadre didactice din facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic din București (l. dr. ing. Dan Dascălu, asist. ing. Ioan Costea, asist. ing. Gh. Brezeanu) și proaspeții absolvenți ai aceleiași facultăți (ing. *Nicolae Marin*, ing. Andrei Mihnea) angajați la Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE). În această activitate a fost angrenat ulterior și asist. ing. Teodor Tebeanu, care s-a alăturat colectivului din Catedra de Dispozitive, Circuite și Aparatură Electronice condusă de prof. Mihai Drăgănescu, precum și asist. ing. Radu Dragomir. Contractul de cercetare cu titlul *Dispozitive semiconductoare neconvenționale de microunde* a fost semnat inițial (1973) între Institutul Politehnic București și CNȘT, fiind transferat în anul

⁵¹ Detalii privind activitatea prof. Dan Dascălu apar în **SRMN 2018**.

⁵² Diodele generau 100 mW, respectiv 500 mW în banda X (8–12 GHz).

⁵³ Dan Dascălu, *De la tuburi electronice la dispozitive semiconductoare generatoare de microunde*, Noema, vol. XVI, pp. 315–325 (2016).

următor la Institutul Tehnic de Cercetări și Proiectări al Armatei (ITCPA), în calitate de beneficiar (urma să fie utilizată în radiolocatoare)⁵⁴. Deoarece Institutul Politehnic nu dispunea de dotări și expertiză tehnologică, s-a apelat la ICCE, dar până la urmă dezvoltarea tehnologiei și punerea în fabricație (1978) au avut loc la IPRS-Băneasa. Dioda IMPATT ca atare a fost realizată tehnologic de către ing. Nicolae Marin, proaspăt absolvent repartizat la ICCE, care a lucrat practic tot timpul în secțiile de la IPRS-Băneasa (în secția de dispozitive de putere), întreprindere în care s-a și transferat în momentul în care a trebuit finalizată cercetarea. Modelul experimental IMPATT grupat cu o monografie științifică (Dan Dascălu, 1974) sub denumirea de *Dispozitive neconvenționale de microunde* (autori Dan Dascălu, Nicolae Marin, Andrei Mihnea, Ioan Costea, Gheorghe Brezeanu) a primit Premiul „Traian Vuia” al Academiei Române (1974)⁵⁵. Între timp, colectivul din Politehnica a trecut la **realizarea unor echipamente de radiocomunicații în bandă X, folosind diodele IMPATT** indigene atât la emisie, cât și la recepție (în oscilatorul local)⁵⁶. S-au dezvoltat (în colaborare cu Fabrica de Calculatoare Electronice, ulterior cu Electromagnetica și cu ICRET) radiorelee digitale cu două destinații diferite: a) interconectarea calculatoarelor prin modemuri cu viteza de transmisie de 2 Mb/s (prototip omologat); b) telefonie digitală, cu o capacitate de 8 Mb/s (numai până în faza de model experimental, după care au intervenit evenimentele din decembrie 1989)⁵⁷.

Cercetări în domeniul contactelor metal-semiconductor. În 1975, la IPRS-Băneasa au apărut probleme legate de realizarea contactelor metalice la unele dispozitive semiconductoare de putere. Colectivul din Politehnică (Dan Dascălu, Gh. Brezeanu) a demarat (în colaborare cu Petru Dan ș.a.) cercetările legate de structura și proprietățile electrice ale contactului realizat prin *metalizarea siliciului*, la dispozitivele semiconductoare și circuitele integrate. S-au studiat în special contactele de Al depuse în vid și cel de Ni depus chimic. Pe parcursul cercetării: (a) S-au conceput structuri speciale de test pentru evaluarea parametrilor electrici ai contactelor Schottky și ohmice (b) S-au făcut investigații microfizice și o modelare avansată a contactelor Schottky, respectiv ohmice; (c) S-au dezvoltat noi tehnologii de metalizare bazate pe siliciuri; (d) S-au făcut teste de fiabilitate. Dincolo de utilizarea industrială, rezultatele au fost publicate în reviste din străinătate și sintetizate într-o monografie apărută la Editura Academiei⁵⁸. Este

⁵⁴ Andrei Ciontu, *Istoria diodei IMPATT românești*, în *File din Istoria Radiotehnicii și Electronicii Românești: Realizări*, Lugoj, Edit. NAGARD, 2013 (Andrei Ciontu – coordonator).

⁵⁵ Detalii privind participanții la această cercetare și despre problemele tehnice rezolvate și lucrările publicate apar în cap. 2 al **SRMN 2018**.

⁵⁶ D. Dascălu, I. Costea, T. Tebeanu, A. Zamfir, Al. Boian, *Experimentarea unui sistem de interconectare a calculatoarelor pe purtătoare de microunde*, în *Probleme de automatizare, vol. 13, Progrese în electronică și informatică*, Edit. Academiei RSR, 1983, pp. 79–86.

⁵⁷ De remarcat faptul că toate aceste rezultate au fost obținute de colectiv cu ZERO investiții în baza materială proprie (s-a lucrat pe aparatură împrumutată sau donată cu ocazia cutremurului din 4 martie 1977).

⁵⁸ D. Dascălu, G. Brezeanu, P.A. Dan, *Contactul metal-semiconductor în microelectronică*, monografie, Edit. Academiei Române, București, 1988.

interesant faptul că lucrarea de modelare a contactelor neuniforme *Al/Si*, publicată în 1981 în *Solid State Electronics*⁵⁹ a devenit una de referință în domeniu, fiind citată cu regularitate la decenii după publicarea ei.

Alte cercetări în domeniul dispozitivelor de microunde (Dan Neculoiu, secțiunea 2.4.4). Înainte de 1990, un grup din care faceau parte Dan Neculoiu, Sorin Voinigescu (secțiunea 6.4.1) și *Valeriu Constantinescu* a desfășurat o activitate de pionierat în România în domeniul modelării zgomotului în dispozitivele și circuitele de microunde, al tehnicilor de proiectare prin optimizare a circuitelor liniare de microunde, precum și al caracterizării experimentale a dispozitivelor de microunde. Rezultatele au fost integrate în programele de analiză și optimizare, obținând produse software (MICROCAD) cu performanțe comparabile cu cele ale produselor similare existente la acea dată (1989) pe plan internațional și livrat prin contract la ICCE „*Pachet de programe pentru analiza și optimizarea circuitelor liniare de microunde*”). În perioada 1991–1993 grupul de mai sus a lucrat la tema *Investigarea și modelarea fenomenelor fizice din dispozitivele și circuitele integrate cu compuși AIIIbV*. După participarea la un proiect TEMPUS (v. mai jos), activitatea grupului s-a reorientat spre modelarea și studiul aplicațiilor *diodelor cu tunelare rezonantă cu dublă barieră* (DBRT), iar Dan Neculoiu a dezvoltat un model original în PSPICE al acestui dispozitiv. A fost analizată generarea de putere de microunde în oscilatoare și multiplicatoare de frecvență. În acest scop s-au dezvoltat (cu contribuția regretatului prof. Teodor Tebeanu) noi tehnici pentru modelarea neliniară a circuitelor de microunde bazate pe metoda balansării armonicilor.

2.4.3. Colectivul de cercetare „*Electronica Fizică*” (după 1990)

- A continuat activitatea colectivului de *Dispozitive semiconductoare de microunde* (grup Dan Neculoiu, detalii deja prezentate mai sus)
- Au fost propuse și derulate **două proiecte TEMPUS**⁶⁰ (1991–1993), care au facilitat formarea de specialiști în domeniul „microtehnologiilor”.
- A fost înființat **un prim laborator didactic de proiectare asistată de calculator a circuitelor integrate** cu stații de lucru Sun și software Cadence.

⁵⁹ D. Dascălu, G. Brezeanu, P.A. Dan, C. Dima, *Modelling electrical behaviour of non-uniform Al/Si Schottky diodes*, *Solid State Electronics*, vol. 24 (1981), pp. 897–904.

⁶⁰ Aceste proiecte au permis efectuarea unor stagii de specializare de durată (tipic un an) în institute de cercetare și universități renumite din vestul Europei. Unul dintre parteneri a fost *IMEC – Interuniversity Microelectronics Center* (Leuven, Belgia), care *astăzi la 30 de ani de la înființare, este de departe cel mai puternic centru de cercetare independent din Europa*. Aici au efectuat specializări, prin programul TEMPUS, atât realizatorul diodelor IMPATT, ing. Nicolae Marin (devenit curând după aceea doctor inginer al Politehnicii din București), cât și dr. fiz. *Alexandru Müller* (secțiunea 4.4.10), de la ICCE, ulterior coordonatorul centrului de excelență din IMT (secțiunea 6.3.1). Printre beneficiarii burselor TEMPUS au fost și dr. *Cornel Cobianu* (secțiunea 4.4.2), prof. *Florin Udrea* (secțiunea 6.4.3) și dr. *Daniel Lăpădatu* (secțiunea 6.4.5). Unul din cele două proiecte a fost condus la început de către asist. ing. *Cleopatra Căbuz*, care a creat ulterior Laboratorul de Microsenzori al Honeywell Romania (secțiunea 4.4).

• A inițiat în 1991 formarea Centrului de Microtehnologie (CMT), devenit în 1993 Institutul de Microtehnologie (IMT), centru care a funcționat inițial în sediul și în colaborare cu S.C. Microelectronica S.A.⁶¹

2.4.4. Prof. Dan Neculoiu continuă cercetările în domeniul dispozitivelor de microunde⁶²

Dan Neculoiu s-a născut în anul 1959 și a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații, IPB, în anul 1985. În anul 1997 a obținut titlul de doctor inginer în specialitatea „Dispozitive și Circuite Electronice” (conducător acad. Dan Dascălu), susținând teza cu titlul „*Modelarea neliniară a circuitelor integrate de microunde*”, iar din 2005 este profesor universitar.

În perioada 1999–2000 a fost director de contract pentru „*Modelarea, simularea și caracterizarea experimentală a microstructurilor și microsistemelor*”. Au fost obținute rezultate care au constituit baza unor cercetări ulterioare, în colaborare cu IMT București: metode de modelare la înaltă frecvență a microstructurilor; algoritmi de simulare a liniilor de transmisie și a componentelor pasive realizate prin tehnologii de microprelucrare; tehnici integrate de modelare și simulare în câmp electromagnetic de înaltă frecvență a microstructurilor; proiectarea și optimizarea microstructurilor în domeniul microundelor. Din 1999 a asigurat colaborarea din partea UPB în cadrul proiectului european de cercetare INCO-COPERNICUS Project 977131 MEMSWAVE: „*Micromachined Circuits for Microwave and Millimeter Wave Applications*”, 1998–2001 (coordonator IMT București). A dezvoltat tehnicile de proiectare și caracterizare experimentală pentru filtrele de unde milimetrice realizate cu linii cuplate, antenele pentru unde milimetrice și receptoarele cu detecție directă pentru frecvențele de 38 GHz și 77 GHz (în tehnologiile corespunzătoare microprelucrării Si și GaAs). În cadrul acestui proiect a demonstrat în premieră internațională viabilitatea ideii integrării monolitice a unei diode Schottky cu o antenă dublu slot foldat pe aceeași membrană de GaAs cu o grosime de 2 micrometri obținută prin microprelucrare. Pentru activitatea din cadrul acestui proiect a primit (în colectiv, 2001) Premiul „Tudor Tănăsescu” al Academiei Române.

În colaborare cu IMT București (unde din 2015 funcționează ca CS 1) a obținut numeroase alte rezultate în domeniul componentelor de microunde și a structurilor SAW și FBAR realizate prin tehnici MEMS. Colaborări mai recente implică componente pe bază de grafenă. Un domeniu distinct în care expertiza sa este esențială este cel al imagisticii pasive în gama undelor milimetrice (banda 75–110 GHz, cu aplicații medicale și de securitate).



Prof. dr. ing. Dan Neculoiu

⁶¹ Pentru detalii, a se vedea secțiunea 4.3.

⁶² O notă biografică detaliată apare în capitolul 2 al volumului **SRMN 2018**.

2.5. COLECTIVE DE CERCETARE (DISPOZITIVE PE SEMICONDUCTORI DE BANDĂ LARGĂ Ș.A.) CONDUSE DE CĂTRE PROF. GH. BREZEANU⁶³



Prof. dr. ing. Gheorghe Brezeanu

Născut în 1948, **Gheorghe Brezeanu** a absolvit, în 1972, Facultatea de Electronică și Telecomunicații din IPB (secția de Ingineri Fizicieni). De atunci lucrează în Catedra de Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice. A devenit dr. ing. în Microelectronică în 1981⁶⁴, apoi profesor universitar (1992) și conducător de doctorat (1994).

Primele activități de cercetare le-a desfășurat în cadrul colectivului prof. Dan Dascălu (dispozitive de microunde, contactul metal semiconductor), după cum s-a arătat mai sus.

2.5.1. Dispozitive Avansate pe Carbură pe Siliciu și Diamant

În 1995, a inițiat, în premieră națională, un program de cercetări sistematice a semiconductorilor de bandă largă. Conduce laboratorul de cercetare *Dispozitive și Circuite Electronice – Studii avansate (DCE-SA)* din cadrul Facultății ETTI, focalizat pe dispozitive pe SiC și diamant. În acest context remarcăm două direcții de cercetare. Cercetarea **Dispozitive pe SiC și diamant realizate pentru prima oară în țară** s-a desfășurat în perioada 1997–2015 și a avut ca rezultat dezvoltarea de diode pn, diode Schottky, capacitatoare MOS și fotodetectoare. Cercetarea **Senzori inteligenți pe SiC pentru aplicații industriale** (2010–2016) a dezvoltat *Senzori de temperatură* de mare sensibilitate capabili să opereze până la 450°C și respectiv *Senzori de hidrocarburi* cu posibilități de detecție până la 250°C. Pentru toate dispozitivele menționate s-au parcurs etapele de proiectare, simulare, fabricație, caracterizare și testare. Ca un exemplu, într-o lucrare⁶⁵ se propune un model original pentru contacte Schottky neuniforme realizate de siliciuri pe SiC. Ca rezultat s-au determinat condițiile în care un contact Schottky, deși cu neuniformități pronunțate în barieră, are parametrii electrici stabili și reproductibili.

Un aspect foarte important al acestor cercetări este colaborarea internațională avută cu *University of Cambridge*, *Centro Nacional de Microelectronica (CNM)* – Barcelona, *INSA* – Lyon și recunoașterea obținută prin includerea unei monografii

⁶³ Detalii privind activitatea științifică a prof. Brezeanu pot fi găsite în secțiunea 2.5 a **SRMN 2018**.

⁶⁴ G. Brezeanu, „*Modelarea contactului Al/Si din dispozitive semiconductoare și circuite integrate în vederea îmbunătățirii tehnologiei de fabricație*”, 1981, teză de doctorat, conducător științific: acad. Mihai Drăgănescu.

⁶⁵ G. Brezeanu ș.a., *Characterization technique for inhomogeneous 4H-SiC Schottky contacts: A practical model for high temperature behavior*. J. Applied Physics, Vol. 122 (2017), pp. 084501.

despre dispozitive pe SiC⁶⁶. În țară, recunoașterea a constat în obținerea Premiului Academiei Române „Tudor Tănăsescu” (1999) pentru un grup de lucrări cu tema: *Dispozitive pe Carbură de Siliciu*.

2.5.2. Terminația cu profil rampă de oxid

Tensiunea de blocare a dispozitivelor de putere poate fi crescută prin folosirea unei terminații de margine care asigură o distribuție uniformă a vectorilor de câmp atât în zona centrală, cât și la marginea electrozilor dispozitivului. Rezultă o străpungere la tensiuni, cu valori apropiate de limitele teoretice. S-a patentat o astfel de terminație, caracterizată printr-o eficiență ridicată (>90%) și bazată pe o tehnologie simplă, de temperaturi joase⁶⁷. Poartă numele *terminația cu profil rampă de oxid*, pentru că se bazează pe corodarea în rampă, sub unghiuri foarte mici (<5°), a oxidului din jurul contactului principal. În lucrarea⁶⁸, publicată de *Wiley Encyclopedia*, se evidențiază performanțele terminației: străpungere aproape ideală și o distribuție uniformă a curentului, fără a altera comportarea în conducție a dispozitivului. Performanțele terminației sunt evidențiate în lucrări de sinteză reprezentative⁶⁹. Ea a fost experimentată pentru dispozitive Schottky și cu joncțiuni *pn* pe Si, SiC și diamant, în numeroase laboratoare din lume⁷⁰.

2.5.3. Laboratorul de Dispozitive și Circuite Electronice – Studii Avansate (DCE-SA)

Prof. Gh. Brezeanu conduce DCE-SA din Facultatea ETTI (sediul în B 126, local Leu). Dotările și serviciile asigurate sunt prezentate în baza de date a infrastructurilor de cercetare din România, disponibilă la adresa <https://erris.gov.ro>⁷¹. Echipa de cercetare are în componență specialiști recunoscuți în microelectronică, doctoranzi și studenți la master.

Laboratorul a fost fondat în 1995 pentru a susține programul de cercetare *Dispozitive pe semiconductori de banda largă*. În acest program au fost angrenate

⁶⁶ F. Roccaforte, G. Brezeanu, P.M. Gammon, F. Giannazzo, S. Rascunà, M. Saggio, „*Schottky contacts to Silicon Carbide: physics, device technology and applications*” (to be published).

⁶⁷ M. Bădilă, G. Brezeanu, C. Cobianu, P.A. Dan, F. Mitu, „*High capacity and voltage Schottky diodes manufactured by epitaxial doping of silica layer with phosphorus and using molybdenum@-nickel@-silver@- metallic system and chromium@ or tungsten@ contact*”, patent, nr. RO 104755/1991.

⁶⁸ M. Bădilă, G. Brezeanu, F. Mitu, „*Schottky Oxide Ramp Diodes*”, in the Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, vol. 18, Wiley Interscience Publication (John Wiley & Sons, Inc), New York, SUA, 1999, pp. 710–718.

⁶⁹ J. Baliga, *GaN and SiC Power Devices*, Word Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2017 și P.G. Neudeck, *SiC Technology*, NASA Lewis Research Center, 1998.

⁷⁰ L’Istituto per la Microelettronica e Microsistemi (Catania), Royal Institute of Technology (Kista – Stockholm), CNM (Barcelona), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Tsukuba), LAAS (Toulouse), INSA (Lyon). Pe GaN terminația a fost testată de către compania ABB, unul dintre producătorii de prim rang de dispozitive de putere.

⁷¹ Detalii despre acest laborator, inclusiv colaborările internaționale în care este implicat, pot fi găsite în **SRMN 2018** (cap. 2). În același loc apar informații relevante privind *activitățile didactice și organizatorice* desfășurate de prof. Gh. Brezeanu la nivelul Facultății și la nivel național (secretar științific al Facultății ETTI, director al școlii doctorale ETTI, vicepreședinte al Comitetului de program CAS, membru al comisiilor CNATDCU etc.).

laboratoare cu notorietate în domeniu de la University of Cambridge, Centro Nacional de Microelectronica (CNM) – Barcelona, INSA de Lyon, FORTH – Crete, IOFFE – Sankt Petersburg. Cercetările finanțate prin diverse proiecte în parteneriat, s-au concretizat în principal prin fabricarea și testarea în laborator, în premieră pentru România, de dispozitive pe carbură de siliciu (SiC) și diamant cu parametri și performanțe comparabile cu cele raportate pentru dispozitive similare produse în lume: tensiuni de blocare de ordinul kV și curenți în conducție de zeci de amperi⁷².

După anul 2010 eforturile Laboratorului se concentrează pe dezvoltarea de senzori pe SiC și diamant de mare sensibilitate. S-au proiectat, simulat, fabricat și testat două familii de senzori inteligenți, pentru detecția de hidrocarburi și, respectiv, pentru măsurarea temperaturii. Senzorii efectivi sunt: un capacitor MOS pe SiC și o diodă Schottky pe SiC sau diamant. Aceste dispozitive au fost proiectate, măsurate în temperatură, caracterizate și modelate în laboratorul DCE-SA. Biosenzori inteligenți, destinați determinării concentrației de glucoză, alcool și diverși acizi din vin în timpul procesului de fermentare, a fost un alt obiectiv finalizat în laborator. Realizarea senzorilor inteligenți (finanțată prin contracte din programele naționale) a însemnat și proiectarea circuitelor electronice de prelucrare a semnalului de la ieșirea dispozitivului senzor și conversia semnalului într-un curent din gama 4–20 mA, domeniu standard de la ieșirea echipamentelor industriale de control și automatizare. Aceste circuite au fost concepute, realizate și calibrate tot în Laboratorul DCE-SA. Senzorii de temperatură au fost montați și testați din 2014 în fabrica de ciment Fieni, unde sunt folosiți pentru monitorizarea în timp real a temperaturii din cuptoarele de fabricație. Comparațiile, realizate continuu, cu datele indicate de echipamentele standard din fabrică (ce folosesc senzorii bazați pe un termocuplu), au indicat diferențe mai mici de 5%. Ca urmare, se studiază posibilitatea înlocuirii senzorilor cu termocuplu, ce au o durată de funcționare de numai 3 luni, cu senzori pe SiC care sunt mult mai fiabili.

2.6. LABORATORUL DE TEHNOLOGII MICRO ȘI NANOEELECTRONICE⁷³

Anca Manolescu

Laboratorul *Tehnologii și structuri micro și nanoelectronice* (MNETL) al departamentului DCAE a fost înființat în 1969 datorită profesorului Mihai Drăgănescu, inițial sub numele „Laboratorul de circuite microelectronice”. Conform obiectivelor inițiale, laboratorul s-a constituit ca un model de centru de cercetare integrat (învățământ–cercetare–microproducție) în domeniul tehnologiilor microelectronice (într-un moment de început al acestora) pentru a oferi studenților și cadrelor

⁷² Din păcate în țară nu mai există o industrie de profil care să fabrice aceste dispozitive.

⁷³ Este vorba de singurul Laborator din Catedra (Departamentul) DCAE care a avut o bază tehnologică. Restul cercetărilor experimentale legate de elaborarea unor procese tehnologice sau construcția unor dispozitive au trebuit să se desfășoare pe platforma Băneasa. Singura infrastructură experimentală specifică care mai este disponibilă în prezent în țară este cea a IMT București (a se vedea secțiunea 4.3).

didactice din Facultatea de Electronică posibilitatea de a-și însuși aceste tehnologii și de a-și putea afirma abilitățile de cercetare în acest domeniu.

Până în anii 1990, în cadrul laboratorului au fost prezente și activități de microproducție care s-au bazat pe valorificarea unor rezultate ale cercetărilor proprii, pe nevoia unor beneficiari interni care nu aveau acces la importuri, dar și pe suportul material constant al industriei românești de componente semiconductoare. După 1990, ultimii 2 suportați din cei amintiți mai sus au dispărut ceea ce a făcut ca activitatea de microproducție să nu se mai poată desfășura și nici justifica.

De aceea, începând cu anii '90 și mai ales după anul 2003, activitatea de cercetare bazată pe proiecte de cercetare finanțate de autoritatea de cercetare a Ministerului de resort (numele s-a tot schimbat la fiecare 2–3 ani) s-a îndreptat spre teme de actualitate ce aveau ca reazem practic capacitățile tehnologice ale laboratorului. Aceasta a permis câștigarea unor proiecte de cercetare de interes actual (microcircuite bazate pe polimeri organici, circuite cerute de comunicațiile moderne, circuite cerute de senzorii inteligenți) care au adus fonduri importante UPB, Facultății, Departamentului și bineînțeles Laboratorului, permițând cumpărarea unor echipamente moderne. În perioada de vârf a dezvoltării Laboratorului, 1975–1990, pe baza cercetărilor proprii s-au realizat o serie de microcircuite integrate hibride cu straturi subțiri (unice în țară) cu performanțe de nivel mondial, la nivelul unei microproducții de serie mică (sute de bucăți). Acestea erau din domeniul filtrelor active de joasă frecvență, convertoarelor D/A și A/D, amplificatoarelor de bandă largă UHF, amplificatoarelor audio de medie putere.

Pentru rezultatele științifice originale obținute în cadrul acestor cercetări un colectiv de cadre didactice a obținut premiul Academiei „Traian Vuia” în anul 1978.

În aceeași perioadă, în cadrul Laboratorului au lucrat în activitatea de cercetare cadre didactice ce s-au afirmat mai târziu în activitatea științifică și tehnică internațională: Gheorghe Samachișă (cofondator și inventator la compania de memorii *Sandisk*), Ștefan Cserveny (cofondator al modelului EKG pentru tranzistoarele MOS, larg folosit pe plan internațional).

2.7. IN MEMORIAM

2.7.1. Adrian Rusu (1946–2012)

Prof. dr. ing. **Adrian Rusu**, membru corespondent al Academiei Române, a fost șeful catedrei Dispozitive, Circuite și Aparatură Electronice (D.C.A.E.) a Facultății de electronică și telecomunicații din Universitatea „Politehnica” București timp de peste 20 de ani.

Născut în 1946, în anul 1968 susține proiectul de diplomă „*Proiectarea unor instalații de măsură pentru ferite*” și devine inginer în electronică și telecomunicații, ca șef de promoție, absolvind facultatea cu media generală 10. În anul 1975 primește titlul de doctor inginer în electronică pe baza tezei de doctorat: „*Contribuții la teoria și tehnologia structurilor Schottky cu siliciu*”, având conducător științific pe prof. dr. doc. ing. Mihai Drăgănescu, membru corespondent al Academiei. Începe cariera

universitară în anul 1968 parcurgând pe rând toate treptele acesteia, astfel este preparator (1968–1969), asistent stagiar (1969–1972), asistent titular (1972–1976), șef de lucrări (1976–1990), conferențiar (1990–1991), profesor (1990–2012). Activitatea didactică, de peste 40 ani, a profesorului Adrian Rusu s-a desfășurat în special la disciplinele *Dispozitive și circuite electronice* și *Modelarea componentelor microelectronice active*. Între 1990 și 2012 a fost șeful catedrei Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice din Facultatea de Electronică și Telecomunicații. În 1994 este ales membru corespondent al Academiei Române, secția Știința și Tehnologia Informației.



Prof. dr. Adrian Rusu

Activitatea de cercetare în domeniul dispozitivelor electronice semiconductoare a avut rezultate importante ce au permis extinderea frontul cunoașterii în microelectronică. Unele dintre aceste rezultate reprezintă subiectul unor brevete de invenții și unele sunt citate în lucrări importante din literatura științifică mondială.

Printre dispozitivele electronice și circuitele integrate, realizate în calitate de demonstratori, dintre care unele au fost introduse în circuitul industrial se pot enumera: Dioda Schottky cu gradient lateral al concentrației de impurități (brevet acordat de România și Germania, utilizat în construcția MONOCIP)^{74,75}; Circuite integrate bazate pe structuri operaționale MOS cu poartă rezistivă^{76,77}; Condensator variabil electronic și metodă de măsurare a timpului de viață al purtătorilor în exces⁷⁸; Variante de tranzistoare cu inducție statică cu performanțe crescute în ceea ce privește capabilitatea în tensiune și frecvență⁷⁹; Tetroda cu inducție statică⁸⁰.

Printre cărțile reprezentative care prezintă lucrările profesorului Rusu se pot enumera: S.M. Sze, *Physics of Semiconductor Devices*, J. Wiley & Sons, ed. I și II (15 tiraje), 1982; A. Blicher, *Field-Effect and Bipolar Power Transistor Physics*, Academic Press, 1981; E.H. Nicollian, J.R. Brews, *MOS Physics and Technology*, J. Wiley & Sons (3 tiraje), 1984; J.-P. Colinge, *Silicon-On-Insulator Technology: Materials to VLSI*, Kluwer Academic Publishers, 1997; S.M. Sze, Kwok K.Ng, *Physics of Semiconductor Devices*, J. Wiley & Sons, ed. III, 2007.

⁷⁴ A. Rusu, *Dioda metal-semiconductor*, Brevet România, nr. 60829 (1974).

⁷⁵ A. Rusu, *Metall-Halbleiterdiode*, Brevet RFG, nr. 2452209 (1978).

⁷⁶ D. Steriu, A. Rusu, *Circuit integrat pentru comanda unei barete de diode electroluminiscente*, Brevet România, nr. 92259 (1985).

⁷⁷ A. Rusu, D. Steriu, *Rezistor electronic comandat în tensiune*, Brevet România, nr. 91460 (1985).

⁷⁸ A. Rusu, *Condensator variabil electronic*, Brevet România, nr. 94905 (1986).

⁷⁹ C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de obținere a tranzistoarelor cu inducție statică cu joncțiuni poartă retrase*, Brevet România, nr. 97880 (1989); C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de fabricare a tranzistoarelor cu inducție statică pentru tensiuni de străpungere mari*, Brevet România, nr. 98191 (1989); C. Postolache, A. Rusu, F. Găiseanu, *Procedeu de fabricare a tranzistoarelor cu inducție statică de putere și tensiune de străpungere ridicate*, Brevet România, nr. 102481 (1990).

⁸⁰ A. Rusu, C. Postolache, *Tetroda cu inducție statică*, Brevet România, nr. 103530 (1991).

Contribuțiile mai importante ale profesorului Rusu la teoria structurilor electronice semiconductoare sunt:

- Elaborarea unor modele fizice pentru componentele microelectronice active, modele care au fost preluate de literatura științifică mondială: optimizarea tensiunii de străpungere la joncțiunile pn cu poartă și la diodele Schottky, curbele universale ale străpungerii capacitorului MOS⁸¹, modelul distribuit al tranzistorului MOS, modelul de prim ordin al tranzistorului cu inducție statică⁸².

- Enunțarea unei legi și a unor teoreme ale fenomenelor de conducție electrică neliniară⁸³, care fundamentează printr-un punct de vedere unitar toate procesele de conducție din structurile electronice.

- Continuarea operei fondatorului școlii de dispozitive electronice și microelectronică românească (academician Mihai Drăgănescu) prin elaborarea a două volume de autor, bazate pe cercetări științifice originale: *Modelarea componentelor microelectronice active*, Editura Academiei Române, 1990 (premiul „T. Tănăsescu”), *Conducție electrică neliniară în structuri semiconductoare*, Editura Academiei Române, 2000, precum și prin formarea unui mare număr de cadre didactice și cercetători.

Prof. Adrian Rusu a participat la numeroase programe și proiecte internaționale de cercetare științifică, cum ar fi: (1) Dispozitive, circuite și microsisteme electronice, D-107, 1998–2001, Banca Mondială; (2) Modele avansate pentru tranzistoare bipolare și MOS în tehnologii submicronice, C-35, 1999–2002, Banca Mondială; (3) Structuri MOS cu poartă mobilă pentru telecomunicații, Grant Swiss National Fondation (colaborare cu EPF Lausanne), 2003–2005; (4) Dispozitive semiconductoare pentru economisirea energiei electrice, Grant Royal Society UK (colaborare cu Universitatea din Cambridge, UK) 2004–2006; (5) ROMNET-ERA, proiect EU (PC6), director UPB, 2006–2008.

Profesorul A. Rusu a fost, până în anul 2011, Președinte al Comitetului de Program al Conferinței Internaționale de Semiconductoare, CAS (a se vedea secțiunea 4.3). Și-a adus, în calitate de șef de catedră, o contribuție importantă și la orientarea învățământului de microelectronică din țara noastră (studii de licență, master, doctorat) prin elaborarea planurilor de învățământ pentru secția de microelectronică și direcția de specializare de microsisteme; atragerea în învățământ a cercetătorilor de mare valoare și promovarea cadrelor didactice pe bază de criterii de performanță. A fost membru al Senatului UPB și membru al consiliului de specialitate al Ministerului Educației (CNATDCU)⁸⁴.

⁸¹ A. Rusu, D. Dobrescu, C. Anghel, *The onset of the high level of injection in MOS structures*, 1999 IEEE International Semiconductor Conference, Sinaia, România, 153 (1999).

⁸² C. Bulucea, A. Rusu, *A first-order theory of the static induction transistor*, Solid State Electronics, **30**, 1227 (1987).

⁸³ A. Rusu, *A theorem of the non-linear electric conduction*, 16th Annual Semiconductor Conference, Sinaia, Romania, 31 (1993).

⁸⁴ Această succintă prezentare a activității științifice și tehnice a profesorului Adrian Rusu a fost redactată de către prof. dr. ing. **Dragoș Dobrescu** (născut în 1961, la București), absolvent al Facultății de Electronică și Telecomunicații (1986) și doctor inginer la aceeași facultate (1996). În prezent continuă activitățile începute în calitate de colaborator apropiat al prof. Adrian Rusu, predând cursurile de Circuite Electronice Fundamentale, Modele ale Componentelor Electronice pentru SPICE și Modelarea și Caracterizarea Experimentală a Structurilor Microelectronice Integrate (ultimele 2 introduse pentru prima oară în programă de către prof. Rusu) efectuând cercetări legate de modelarea circuitelor și dispozitivelor electronice alături de ceilalți discipoli ai profesorului Rusu.

2.7.2. Andrei Silard (1944–1993)



Prof. Andrei Silard

Andrei P. Silard n. 30.04.1944, Timișoara, d. 30.06.1993 București, dr. ing. electronică, profesor universitar.

Studii: 1962–1967 – Institutul de Energetică din Moscova, Fac. Electronică, 1976 – doctor inginer, Institutul Politehnic din București, 1976 – Facultatea de Istorie a Universității București.

Carieră profesională: 1967–1974 – cercetător la Institutul de Cercetări Electronice din București. 1974–1993 cadru didactic la Institutul Politehnic din București, prin concurs: asistent suplinitor (1 Februarie 1974), șef de lucrări, conferențiar, profesor (1 Martie 1992) la Catedra de Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice la Facultatea

de Electronică, Institutul Politehnic din București.

Activitatea didactică și de cercetare: În afară de cursurile tradiționale pe care le-a predat (*Aparate Electronice de Măsură și Control, Dispozitive și Circuite Electronice*), a introdus 3 noi discipline: „Dispozitive Semiconductoare de Putere” (1987), „Dispozitive Optoelectronice de Putere” (1990) la Facultatea de Electronică și „Dispozitive Optoelectronice și de Putere” (1991) la Facultatea de Electrotehnică. A predat la Departamentul de Engleză al Științelor Inginerești, Institutul Politehnic București un curs de „Filozofia Istoriei” și un curs de „Istorie Contemporană”. Din 1990 a condus teze de doctorat în specialitățile: „Dispozitive și Circuite Electronice” și „Optoelectronică”. A proiectat și realizat la întreprinderile românești de profil (IPRS-Băneasa, Microelectronica) peste 20 de dispozitive electronice noi, în special de dispozitive de putere, cum ar fi tristoare cu blocare pe poartă (GTO) de medie și de mare putere, cu două nivele de interdigitare (TIL) – priorități mondiale, tranzistoare de putere bipolare cu două nivele de interdigitare, tranzistoare de putere bipolare rapide, optotristoare, senzori optici pe siliciu monocristalin cu răspuns spectral controlat, celule solare de mare eficiență. Principalele contribuții științifice originale sunt: formularea unitară a teoriei străpunerii dispozitivelor semiconductoare de putere și verificarea sa experimentală, introducerea conceptului de interdigitare, introducerea de soluții originale la proiectarea și realizarea celulelor solare de mare eficiență, elaborarea de noi metode pentru controlul răspunsului spectral al senzorilor optici, investigarea electrotermică a dispozitivelor și circuitelor integrate analogice de putere.

Contribuții: 67 articole științifice publicate ca autor sau coautor în reviste internaționale prestigioase cum sunt: IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE El. Dev. Lett., Solid State Electronics, Japanese Journal of App. Phys., Intl. Journ. of Electronics, Electronics Letters, Sensors and Actuators, Solar Cells, Solar Energy Materials, Electron Device News; la multe dintre acestea a fost (din 1984) consultant permanent; – 38 comunicări științifice la conferințe internaționale (SUA, Japonia, Canada etc.); – peste 50 lucrări științifice publicate în reviste românești, majoritatea în Rev. Roum. des Sci. Techn., Serie Electro-technique et Energetique,

unde a fost membru al Colectivului Științific din 1992; – peste 50 comunicări științifice prezentate la conferințe românești; – 6 brevete; – 11 lucrări științifice invitate la conferințe internaționale (India, Brazilia etc.); – 4 expuneri științifice invitate la universități din SUA, Canada, Polonia etc.; – 4 cărți care sintetizează opera sa științifică; – peste 20 de lucrări în domeniile istoriei, filozofiei istoriei, despre relațiile complexe dintre științele pozitive și societate.

Lucrări de referință: *Diode și tiristoare de putere* (coautor), Edit. Tehnică, București 1989, *Tiristoare cu blocare pe poarta GTO*, Edit. Tehnică, București 1990.

Distincții: 1981 – Premiul „Traian Vuia” al Academiei Române „pentru contribuții la investigarea electrotermică a dispozitivelor semiconductoare de putere”; 1975 – membru IEEE și din 1982 – senior membru IEEE, 1990 – ales Fellow IEEE „pentru contribuții la dezvoltarea dispozitivelor de putere și fotonice pe siliciu”, 1993 – Membru corespondent al Academiei Române.

3. CERCETARE–DEZVOLTARE ÎN INDUSTRIA DE SEMICONDUCTORI DIN ROMÂNIA

Începem acest subcapitol cu o scurtă trecere în revistă. Dacă mediul universitar a reacționat cu promptitudine la apariția tranzistorului, ca vestitor al unei noi ere în tehnologia electronică și de comunicații, nu mai puțin remarcabilă a fost acțiunea statului român care a hotărât să investească în industria electronică, inclusiv să asigure componente electronice din producția internă. În felul acesta a apărut *Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductori (IPRS)* de pe platforma Băneasa (1962). Dacă la început se punea problema să se asigure tranzistoare (și alte componente electronice) pentru aparatele radio portabile (denumite popular chiar *tranzistoare*), miza a devenit mult mai mare atunci când România și-a propus să fabrice calculatoare electronice. Astfel s-a trecut la fabricarea circuitelor integrate, pe baza tehnologiei siliciului. În paralel, aplicațiile industriale au creat necesitatea fabricării de dispozitive semiconductoare de putere, cum ar fi diode redresoare și tiristoare. În IPRS s-au achiziționat licențe, dar a avut loc și o activitate proprie de dezvoltare de noi produse, noi procese tehnologice, uneori și de echipamente (așa-zisa *auto-dotare*). Această flexibilitate era necesară pentru a răspunde prompt cerințelor pieței interne, uneori și pentru a exploata oportunități de export. Nu trebuie neglijate nici restricțiile financiare sau cele de embargo.

Prezentarea succintă a evoluției IPRS-Băneasa (astăzi o simplă amintire) este preluată de la un fost director de fabrică, dr. ing. Petru Dan. O atenție deosebită este acordată secției (ulterior fabricii) de dispozitive semiconductoare de putere și aceasta din două motive. Primul – este acea zonă din IPRS care a dus cea mai lungă luptă de supraviețuire, descrisă sumar în acest subcapitol⁸⁵. Al doilea – cercetarea *românească* în domeniul dispozitivelor de putere există și astăzi.

⁸⁵ O prezentare mult mai amplă, care include relatările altor doi interlocutori, apare în cap. 3 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior (SRMN 2018).

Trecerea la industria microelectronică propriu-zisă, bazată pe tehnologia MOS, a fost îndelung pregătită și a avut loc la două decenii de la apariția IPRS, cu un decalaj de mai bine de un deceniu față de situația pe plan mondial. S-au achiziționat echipamentele necesare (aflate sub embargo!), în paralel pregătind și resursele umane, prin activități de documentare, instruire, dar și cercetare–dezvoltare desfășurate în institutul de cercetare de profil (ICCE), parțial și în IPRS-Băneasa. În noua întreprindere, denumită chiar *Microelectronica*, s-au dezvoltat prin efort propriu tehnologii și produse, dar s-au preluat, din câte se știe, unele proiecte sau chiar structuri de circuit integrat pentru a fi încapsulate⁸⁶. Producția a fost valorificată cu succes în țară, dar și la export.

Nu există o istorie oficială a întreprinderii, care a avut, de altfel, un *regim special*, cu personal atent selectat și legături aproape inexistente cu restul platformei Băneasa. O scurtă descriere care apare în acest capitol este bazată pe relatările dr. Radu Bârsan, care a condus linia de fabricație structuri, cea mai importantă secție a fabricii. *Microelectronica* a fost privatizată și supraviețuiește și astăzi, dar ... mai mult cu numele. Informațiile difuzate public vorbesc de o producție de componente optoelectronice (LED-uri), dar singura entitate *vizibilă și vizitabilă* pe platforma Băneasa este institutul de cercetare IMT București, despre care vom vorbi mai târziu. Percepția comună este aceea că industria de semiconductori de la Băneasa a dispărut, în sensul că nu mai există linii de fabricație. De remarcat totuși existența unor firme private de microelectronică, de regulă filiale ale unor companii internaționale, care se ocupă cu proiectarea de circuite integrate.

3.1. FABRICAȚIA DE DISPOZITIVE SEMICONDUCTOARE ȘI CIRCUITE INTEGRATE PE PLATFORMA BĂNEASA

3.1.1. IPRS-Băneasa – Scurtă istorie

Petru Dan⁸⁷

Întreprinderea de Piese Radio și Semiconductoare din București, cunoscută sub numele de IPRS-Băneasa, a fost principalul producător de componente electronice din industria României, furnizor major pentru cele mai importante ramuri industriale din țară: electronică, calculatoare, automatizări, electrotehnică, comunicații, industria

⁸⁶ Întreprinderea *Microelectronica* avea legături strânse în cadrul CAER (Consiliul de Ajutor Economic Reciproc, organizație a lagărului socialist), legături care au funcționat până în anul 1990, inclusiv. Prăbușirea lagărului socialist, însoțită și de dispariția CAER a dus rapid la prăbușirea economică a *Microelectronica*. Un subiect interesant de discuție este faptul că fabrica cea mai nouă de pe platformă a fost prima care a clacat în condiții de piață liberă. Trebuie ținut cont de faptul că în tehnologia microelectronică propriu-zisă progresul tehnologic este mult mai rapid, decalajele cresc mult mai repede, ca și investițiile necesare pentru a face față competiției.

⁸⁷ Redactat pe baza informațiilor preluate din interviul dat de d-na Doina Didiv în 08.11.2010, publicat de Nini Vasilescu pe site-ul www.radioamator.ro. D-na fiz. Doina Didiv, fost director general al IPRS-Băneasa, a lucrat în această fabrică timp de 30 de ani, de la înființarea întreprinderii până când a ieșit la pensie (1992).

auto, acționări, construcții, chimie, siderurgie, transporturi CFR, agricultură etc. În timp, IPRS a devenit și exportator semnificativ de componente și dispozitive electronice. Marca IPRS-Băneasa a fost înregistrată la OSIM în 1968.

IPRS-Băneasa a luat ființă în luna iunie 1962 **prin transformarea secției Electronica II în Unitatea Băneasa a Uzinei Electronica**. Primele linii de producție (dispozitive cu germaniu și rezistențe) au funcționat la Uzinele Electronica înainte de a fi transferate în Băneasa. **Din 1962**, în Băneasa au intrat în funcțiune secțiile 2700 (Componente pasive – condensatoare, rezistențe, cablaje imprimate), **2200 (Dispozitive semiconductoare cu germaniu – diode și tranzistoare**, licență Thomson CSF, Franța), Atelierul mecanic-șef, Cabinetul tehnic, Serviciul investiții și Controlul tehnic de calitate (CTC). În 1966 s-a introdus tehnologia de tragere a monocristalelor, urmată de apariția tranzistoarelor cu siliciu. În 1967 s-a înființat secția 2100 (Autoutilare) desprinsă din Mecanicul șef, apoi în 1969 secția de sculărie. În acest fel IPRS-Băneasa a produs o mare parte din SDV-urile, mașinile și utilajele de producție proprii. În 1976 s-a înființat Serviciul colaborări, destinat creșterii gradului de integrare în țară a subansamblelor pentru producția proprie.

În 1969 s-a înființat secția 2300 (**diode și tiristoare cu siliciu**). Profilul secției a fost dat de tehnologia mesa pentru realizarea dispozitivelor de tensiune ridicată. Producția a început cu diode de mică și medie putere sub licența Silec, Franța. În anii care au urmat au fost dezvoltate diodele de mare putere cu contacte lipite, apoi tiristoarele și triacele de mică și medie putere, în variante normale și rapide, în capsule metalice și de plastic (TO220). Din 1980 gama de produse s-a extins la diode și tiristoare de mare putere, normale și rapide, în variante constructive cu contacte presate și cu bază plată, cu tehnologie AEG, Germania. În continuare, prin efort propriu au fost concepute și introduse în producție punțile monolitice monofazate și cele trifazate pentru aplicații auto, tehnologia originală de iradiere pentru dispozitivele rapide (înlocuind tehnologia clasică de dopare cu aur), dispozitivele cu avalanșă controlată, diodele și tiristoarele de foarte mare putere, în tehnologie presată pe ambele fețe.

În același an, 1969, a luat ființă Laboratorul de psihologie, în cadrul Cabinetului de protecția muncii.

În 1970 a luat ființă secția 2400 (**Circuite integrate**). Primele circuite integrate cu siliciu au fost realizate sub licență Thomson, Franța, și erau destinate Uzinei Electronica (pentru aparate de radio și televizoare) și Fabricii de Calculatoare București. În 1975 a fost introdusă tehnologia planar epitaxială pentru circuitele integrate destinate aplicațiilor industriale. Au urmat circuite specializate cum ar fi cele pentru microunde, precum și structuri de circuite integrate la cerere.

În 1973 a luat ființă Oficiul de calcul. Dezvoltarea activităților de export a condus la înființarea Serviciului de marketing în același an. S-a făcut export în Franța, Germania, SUA, Italia, Cehoslovacia, Polonia, RDG, Israel.

În 1975 a intrat în producție secția 2500 (**Tranzistoare și diode cu siliciu**). Spre deosebire de secția 2300, tehnologia dominantă a fost planară. Primele produse au fost realizate sub licență ITT. De la tranzistoare și diode de uz general, de mică și medie putere, gama de produse și tehnologii s-a extins prin efort propriu

către tranzistoare de mare putere, precum și spre dispozitive de înaltă frecvență și de microunde.

În 1976 s-a înființat Serviciul colaborări, destinat creșterii gradului de integrare în țară a subansamblelor pentru producția proprie.

O parte din produsele IPRS au fost transferate în timp către alte unități din țară. Astfel, în 1973 a fost înființată IPEE Curtea de Argeș, care a preluat producția unor game de rezistențe, condensatoare, termistoare. În 1980 producția de circuite imprimate s-a mutat la secția deschisă în acest scop în Pipera, București.

De-a lungul anilor s-au depus la OSIM peste 100 de cereri de brevete (de exemplu pentru tragerea monocristalelor de siliciu de diametru mare, punți redresoare pentru aplicații auto, dispozitive semiconductoare rapide obținute prin iradiere, celule solare, asperizarea foliei de aluminiu pentru condensatoare, tehnologii de implantare ionică etc.).

După evenimentele din 1989, IPRS a încercat reorientarea și restructurarea producției vizând specializarea și canalizarea resurselor către produsele competitive pe piața liberă și sustenabile economic. Acest demers curajos a demarat cu succes dar a eșuat pe parcurs sub presiunile sociale ale acelor vremuri. Autoritățile locale nu au susținut în niciun fel după Revoluție menținerea și revitalizarea acestui domeniu de producție. IPRS a început să piardă constant din competitivitate, profitabilitate și piață, neputând face față concurenței acerbe a produselor similare și tot mai avansate din import. În cele din urmă IPRS a încetat să producă, deci să existe. Astăzi din IPRS a rămas doar o frumoasă amintire a unei întreprinderi de elită a industriei românești.

3.1.2. IPRS, Fabrica de dispozitive semiconductoare de putere. Impresii retrospective⁸⁸

Petru Dan

Am absolvit Facultatea de Electronică a Universității Politehnice București în 1974, ca șef de promoție, cu diplomă de merit. Împreună cu alți șapte colegi de an am primit repartiție la IPRS-Băneasa. În urma cercetărilor științifice din perioada studenției în domeniul diodelor Schottky, conducerea IPRS m-a repartizat în secția 2 300 (Diode și tiristoare cu siliciu), devenită mai târziu Fabrica de dispozitive semiconductoare de putere.

Ca urmare, am fost invitat să-mi demonstrez capacitatea profesională în lumea tehnologiei mesa, specifică dispozitivelor semiconductoare de înaltă tensiune. Secția a pornit de la o licență Silec, Franța, pentru producția diodelor de mică și medie putere în tehnologie mesa, lipite și pasivate organic. S-a dezvoltat apoi producția diodelor de mare putere în tehnologie mesa, lipite și pasivate organic. De la acest moment, împreună cu câțiva dintre colegii de facultate, ne-am alăturat echipei ingineresti a secției. După un stagiul ca inginer de producție mi s-a dat

⁸⁸ În **SRMN 2018** apar reflecții suplimentare despre evoluția IPRS-Băneasa în general și Secția (Fabrica) de Dispozitive semiconductoare de putere, cele ale ing. *Eugen Popa* și respectiv dr. ing. *Viorel Banu* (v. cap. 3, **SRMN 2018**).

conducerea atelierului de dispozitive de medie putere. După aceea am devenit șeful secției, iar ulterior directorul fabricii în care s-a transformat secția. În anii în care am lucrat în această fabrică au fost dezvoltate prin efort propriu numeroase produse și tehnologii, dintre care unele cu un înalt grad de originalitate: tiristoarele și triacele de mică și medie putere, în variante normale și rapide, în capsule metalice și de plastic (TO220), tehnologii originale de pasivare mesa cu sticlă sau materiale organice, dispozitivele hibride de baleiaj (tiristoare rapide cu diodă integrată). Din 1980 gama de produse s-a extins la diode și tiristoare de mare putere, normale și rapide, în variante constructive contacte presate și cu bază plată, cu tehnologie AEG, Germania. În continuare, prin efort propriu au fost concepute și introduse în producție punțile monolitice monofazate și cele trifazate pentru aplicații auto. A fost dezvoltată tehnologia originală de iradiere pentru dispozitivele rapide (înlocuind tehnologia clasică de dopare cu aur). Gama dispozitivelor redresoare a fost completată cu dispozitive cu avalanșă controlată, tot de concepție proprie. De asemenea, gama produselor de putere a fost extinsă prin efort propriu cu diode și tiristoare de foarte mare putere, în tehnologie presată pe ambele fețe, pentru acționări și tracțiune feroviară.

Cu titlu anecdotic: cea mai grea provocare inginerească pe care am primit-o la începuturi și devenită în final o izbândă profesională a fost dispozitivul hibrid de baleiaj (tiristor și diodă rapide integrate, în tehnologie mesa pasivat cu sticlă, în capsulă metalică sau plastic). A fost ultraperformant, dar nu prea viabil economic... În schimb, în decursul activității mele de conducere a acestei fabrici, principala prioritate și provocare profesională a devenit chiar asigurarea competitivității și eficienței economice a produselor proprii, precum și cultivarea unui climat de muncă profesionist, stimulat și participativ.

Am avut de asemenea prilejul să dezvolt și să valorific idei, cercetări și realizări din domeniul contactului metal-semiconductor, în care m-am inițiat în timpul studenției și în care m-am specializat prin programul de doctorat. S-a dovedit un domeniu de cercetare foarte fructuos, care m-a condus atât spre teza de doctorat cât și spre lucrările științifice la care am fost coautor sau autor (o carte despre electronica și tehnologia contactului metal-semiconductor, numeroase articole științifice publicate în reviste românești și internaționale, comunicări științifice la conferințe de specialitate în țară și în străinătate). De menționat că și alți colegi au valorificat oportunitatea de a desfășura activitate științifică simultan cu responsabilitățile de producție, activitate încununată cu obținerea titlului de doctor (dr. ing. George Mânduțeanu, dr. fiz. Eugenia Hălmăgeanu).

Evenimentele din 1989 au găsit IPRS într-o poziție de furnizor dominant (chiar monopolist) de componente electronice, dispozitive semiconductoare și circuite pentru piața internă dezvoltată autarhic. IPRS dispunea de anumite avantaje competitive pentru export către anumite nișe ale pieței mondiale. Numărul de angajați ai întreprinderii depășea nivelul de 5 000. În primii ani după 1989, IPRS a încercat o curajoasă reorientare și restructurare vizând specializarea și canalizarea resurselor către produsele competitive pe piața liberă și sustenabile economic. Acest demers a implicat creșterea eficienței, reducerea costurilor și, în mod implicit, reducerea personalului. Sub presiunile sociale ale acelor vremuri

reorientarea și restructurarea au fost încetinite, chiar blocate, iar IPRS a început să piardă constant din competitivitate, profitabilitate și piață, neputând face față concurenței acerbe a produselor similare și tot mai avansate din import. Autoritățile locale nu au susținut în niciun fel după Revoluție menținerea și revitalizarea acestui domeniu de producție, odată glorios și strategic, nici a IPRS, odată întreprindere de elită, rămasă din păcate în proprietatea statului⁸⁹. În acest context am hotărât să îmi pun în valoare potențialul profesional și experiența managerială în altă parte, tot în industrie, dar în mediul privat. Secțiile devenite Fabrici s-au închis una câte una, rezistând timpului doar asamblarea pentru export a unor dispozitive semiconductoare și punți redresoare din profilul fostei secții 2300.

În încheiere doresc să menționez cu adâncă prețuire și recunoștință înaintașii și artizanii acestei povești frumoase și memorabile a industriei românești, care a fost IPRS-Băneasa: acad Mihai Drăgănescu, directorii generali Lazăr Șandra, Anton Vătășescu, Doina Didiv, echipa de elită a inginerilor și cercetătorilor care au creat substanța acestei întreprinderi și mărci, cadrelor universitare din Universitatea Politehnică prin dăruirea cărora s-au format specialiștii de nivel internațional ai IPRS și prin contribuția cărora au prins viață nenumărate proiecte remarcabile.

3.1.3. Petru Dan – notă biografică



Dr. ing. Petru Dan

Dr. ing. **Petru Dan** s-a născut în București, în anul 1950.

Educație

- Absolvent ca șef de promoție al Liceului Sf. Sava (1969) și al Politehnicii din București (UPB), în prima serie de absolvenți ai Secției de Dispozitive și Componente Electronice (1974).

- Doctor Inginer în Electronică – titlu acordat de UPB (1987).

- Executive Master of Business Administration – titlu acordat de ASSEBUSS București & Universitatea Washington, Seattle (1995).

Activitate profesională

- Inginer, Șef de Atelier, Șef de Secție, Director de Fabrică – IPRS-Băneasa, Fabrica de Dispozitive Semiconductoare de Putere (1974–1996).

- Director de Marketing & Vânzări, Director General – AGA Gaz România (filiala română a grupului multinațional suedez AGA, 1996–2000).

- Director Tehnic – Linde Gaz România (filiala română a grupului multinațional german Linde, 2000–2014).

⁸⁹ Încercările nereușite de privatizare au continuat până în 2008, când fabrica și-a încetat activitatea. ing. Eugen Popa (care descrie în volumul *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, volum deja citat, ultimii ani din existența zbuciumată a IPRS) a continuat să fabrice (dar în altă locație) dispozitive de putere pentru UE și SUA într-o mică firmă, *Silicon Băneasa SRL*, cu câțiva salariați și câteva utilaje recuperate din fabrica intrată în faliment.

- Director de Operațiuni – Regiunea sud-est europeană a grupului multinațional german Linde (2014–2017).

- Lector invitat la UPB și ASEBUSS București (1991–2010).

Activitate de cercetare

- Lucrări științifice prezentate la conferințe naționale/internaționale, 30 de articole și 3 cărți de specialitate publicate (autor sau coautor) – în semiconductori (1974–1996).

Contribuții științifice sau tehnice

- Dioda Schottky cu protecție de margine – simulare, modelare și realizare.

- Contactul metal–semiconductor – investigații, modelare și aspecte tehnologice (în particular privind contactele între siliciu și aluminiu, respectiv siliciuri).

- Dispozitiv hibrid de baleiaj (dispozitiv integrat cu tiristor și diodă rapide, pasivat cu sticlă, în capsulă metalică sau de plastic).

- Tehnologii pentru diode și tiristoare de medie putere, lipite, pasivate cu sticlă sau organic.

Realizări manageriale

- Performanța sustenabilă economic și competitiv a Fabricii de dispozitive de putere din IPRS-Băneasa, bazată pe creativitatea inginerescă internă.

- Înființarea și dezvoltarea cu succes a filialei române a concernului AGA, de la zero până la fuziunea cu Linde.

- Performanța recunoscută în grupul Linde privind dezvoltarea, restructurarea și optimizarea operațiunilor în România și regiunea sud-est europeană.

3.2. MICROELECTRONICA S.A., DE LA FORMAREA COLECTIVULUI (1976) LA MOMENTUL DE VÂRF (1990)

Radu Bârsan, fragmente de interviu⁹⁰

3.2.1. Apariția întreprinderii

„Întreprinderea Microelectronica (ME) a fost, în anii '80, vârful industriei de semiconductoare din România. Germenele industriei de semiconductoare a fost sădit de prof. Mihai Drăgănescu la IPB, care a deschis drumul pentru studiul și folosirea fizicii corpului solid la tranziția de la tuburi electronice la tranzistoare pe siliciu și apoi la circuite integrate. Un moment definitoriu a fost schimbarea profilului secției de „Ingineri Fizicieni” de la Facultatea de Electronică din IPB de la tuburi electronice la „Dispozitive și Componente Electronice” bazate pe semiconductori în 1972. Un număr de profesori au pus bazele științifice care au pregătit mulți dintre viitorii ingineri de la Microelectronica: Mircea Bodea, Adrian Rusu, Dan Dascălu, George Samachișă, Anca Manolescu, Anton Manolescu și alții.

⁹⁰ În această secțiune apare o selecție din informațiile puse la dispoziție de dr. Radu Bârsan prin interviul publicat în capitolul 5 al **SRMN 2018**. O notă biografică a dr. Bârsan este disponibilă în secțiunea 6.3.5 a prezentului capitol. Subtitlurile ne aparțin (DD).

În paralel, ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice) a fost nucleul deja existent ales să realizeze ambițiosul proiect de a începe o întreprindere nouă într-o industrie nouă și extrem de competitivă: fabricația de circuite integrate pe scară mare pe baza tehnologiei MOS (metal-oxid-semiconductor). Rolul principal în pregătirea tehnică și de dotare a Microelectronicii l-a avut directorul ICCE, Constantin Bulucea, un conducător tehnic de excepție și un pasionat pionier al proiectului. Un grup de cercetători a fost ales pentru realizarea proiectului (construcții, echipamente, personal, tehnologii, licențe): Dorel Prisecaru, George Smărăndoiu și Gelu Voicu. Lor m-am alăturat și eu după repartitie, în 1976. Mulți alți cercetători din cadrul laboratorului de circuite integrate MOS au contribuit la punerea bazelor întreprinderii și formarea specialiștilor mai tineri care urmau să li se alăture: Radu Vancu, Andrei Vladimirescu, Mircea Dușa, Adriana Delibaltov, Dumitru Cioacă, Horia Profeta, Ervin Gurău. Reprezentativ pentru felul în care a fost creată Microelectronica este și faptul că repartizarea pe locuri de muncă a inginerilor a început cu 4 ani înainte de construirea fabricii, primele două locuri fiind alocate absolvenților de la IPB din 1976. Deoarece în vremea aceea nu se putea lucra în cercetare direct din facultate, absolvenții au fost repartizați la IPRS (întreprindere deja existentă pe platforma Băneasa care producea tranzistoare și circuite integrate bipolare) și apoi «delegați» la ICCE pentru a se ocupa de pregătirea Microelectronicii.”

Persoanele care au contribuit la crearea Microelectronicii au fost în totalitate din ICCE:

- Constantin Bulucea, director;
- Mircea Dușa, șef laborator Circuite Integrate MOS, ulterior șef laborator fabricație măști;
- Dorel Prisecaru și George Smărăndoiu – special însărcinați cu planificarea și realizarea Microelectronicii;
- Andrei Vladimirescu, Horia Profeta și Radu Vancu – fondatori ai proiectării asistate de calculator a circuitelor integrate MOS;
- Radu Bârsan, Adriana Delibaltov, Șerban Jelea, Elena Munțiu, Ileana Cernica, Raluca Leancu – membrii echipei „PIF” (Punere în funcțiune a tehnologiei MOS), care a dezvoltat mai întâi o linie de microfabricație circuite integrate MOS la ICCE, transferată apoi la Microelectronica;
- Gelu Voicu – responsabil cu linia de asamblare-testare licențiată de la SGS-Ates, Italia.

Mulți dintre cei menționați mai sus au continuat la Microelectronica după construirea uzinei, dar nu toți.

3.2.2. Structura întreprinderii și producția

„După înființare, în 1981 și punere în funcțiune în 1982, noua întreprindere a fost condusă de Directorul Gheorghe Constantinescu (în prealabil director adjunct la ICCE) și inginerul șef Dorel Prisecaru. Alături de restul echipei de conducere și de mulți specialiști (enumerați mai sus), șefii de secție (Gelu Voicu, Radu Bârsan, și Cornel Ciubotaru) au contribuit în mod deosebit la dezvoltarea întreprinderii.

Microelectronica SA a avut 3 secții: Secția de „Fabricație structuri MOS” (unde am fost șeful de secție), Secția de „Asamblare–Testare circuite MOS” (șef secție ing. Gelu Voicu) și Secția „LED” (șef secție inițial ing. Herman Ciubotaru, apoi ing. Dan Stoenescu). Primele două secții formau fluxul de fabricație pentru circuite integrate MOS... La înființare, ME a avut în jur de 40–50 angajați, majoritatea ingineri, reprezentând grupul Microelectronica (ME) de la ICCE. În 1990 avea peste 500, se lucra în 3 schimburi etc.

ME a fost înființată în decembrie 1982, după 6 ani de „pregătiri” tehnologice și constructive la ICCE. Eu am fost coordonatorul „programului PIF” („punere în funcțiune”) la ICCE, unde am dezvoltat primele tehnologii MOS (cu poartă de Al) după ce am revenit de la doctoratul din Belgia. Cred că mulți din cei care au lucrat cu mine atunci și apoi la ME sunt încă în țară (Munțiu, Cernica, Condruc, Cobianu). Secția de „structuri” („fab-ul”) a fost practic construită de noi, participând nu numai la achiziționarea echipamentelor (parțial cu fonduri PNUD), dar muncind pe șantier la lucrările de instalare. În anii următori secția mea „Fabricație Structuri” a dezvoltat multe alte procese mai avansate, 1k SRAM, 4k DRAM, Seria CMOS 4000 etc., care au produs cipuri (cip, de la chip, engl.) mai avansate decât cele cu poartă de Al (folosite în special pentru „custom designs”: ceasul de bord pentru mașina Olcit, primul telefon cu tastatură digitală din România etc.). O parte din cipurile fabricate erau asamblate și vândute în țară, altele în RDG (Combinatul de Microelectronică din Erfurt). Partea de asamblare/testare a fost pusă în funcțiune cu ajutorul unei licențe complete de la SGS-ATES (Italia).

În afară de MOS, ME a avut și o secție de LED (o clădire mai mică, separată, amplasată mai aproape de stradă) cu tehnologiile de fabricație transferate tot de la ICCE. Din păcate, secția LED a ars într-un incendiu (1984), a fost refăcută, dar nu a mai beneficiat de aceleași echipamente. Secția producea însă cu succes display-uri pentru ceasuri electronice și diverse feluri de LED discrete.”

3.2.3. Ce s-a întâmplat cu specialiștii⁹¹

Unii din specialiștii de marcă menționați mai sus s-au stabilit în SUA înainte de 1990 (Vladimirescu, Cioacă, Smărăndoiu, Bulucea, Samachișă, Vancu), dar mulți dintre cei de la Microelectronica au părăsit întreprinderea în 1990, majoritatea stabilindu-se în Valea Siliciului (Silicon Valley) din California, centrul mondial al industriei de microelectronică. Fără excepție, acești specialiști s-au afirmat cu succes în cadrul unor firme de statură din domeniu. Exemple (limitate de memoria mea):

R. Vancu și G. Voicu – Președinți succesivi ai firmei Catalyst Semiconductor, cumpărată de ON Semiconductor,

R. Bârsan – Președinte al firmei RIO Inc, cumpărată de QinetiQ (UK), Vicepreședinte la Cirrus Logic și Power Integrations,

G. Samachișă – specialist fondator al firmei SanDisk, cumpărată de Western Digital,

⁹¹ Lista specialiștilor menționați anterior de către dr. Bârsan în interviul original (v. **SRMN 2018**) este mai lungă. Mai jos se răspunde la întrebarea *Ce s-a întâmplat după 1990?*

C. Bulucea – specialist de frunte la National Semiconductor, cumpărată de Texas Instruments,
A. Vladimirescu – profesor la U.C. Berkeley,
G. Smărăndoiu – funcții de conducere tehnică la Catalyst și ON,
M. Dușa – expert în fotolitografie la firma ASML,
R. Marinescu – specialist în implantare de ioni la firma Axcelis din Canada,
P. Cosmin – specialist în tehnologii MOS la Catalyst și ON,
M. Statovici – specialist în testare la firma Seeq și altele,
M. Oanea – specialistă la Catalyst și ON,
L. Mihai și A. Veron – proiectante de circuite integrate la Catalyst și ON ... și mulți alții.

Dintre specialiștii care și-au continuat activitatea în țară, unii au activat cu succes la firme americane care au stabilit sucursale în România:

H. Profeta – conducătorul Catalyst (apoi ON) România; și mulți alții care au activat la Catalyst România,

C. Cobianu – specialist la Honeywell România,

E. Munțiu (Manea), I. Cernica și alții – specialiști la IMT.

3.3. PROIECTAREA ASISTATĂ DE CALCULATOR A CIRCUITELOR INTEGRATE

După cum am arătat anterior, odată cu dispariția fabricației de circuite integrate din țară, proiectarea acestora a fost preluată de către firme private. De regulă, acestea sunt subsidiare (filiale) ale unor firme străine, care au acces la fabricație. În această secțiune prezentăm două dintre cazurile cele mai relevante.

3.3.1. ON Semiconductor România (fosta Catalyst România/Essex)⁹²

Cornel Stănescu⁹³

În 1995, la inițiativa lui *Radu Vancu* (Vancu), de la firma Catalyst (SUA), un proiectant român emigrat în S.U.A. în 1984 (v. nota biografică în secțiunea 6.3.4), se creează **Essex Com S.R.L.**, companie particulară românească, condusă de *Horia Profeta*, specialist care condusesese mulți ani colectivul de CAD de la Microelectronica.

⁹² Textul complet apare în **SRMN 2018**.

⁹³ Cornel Stănescu: am absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București, în 1984. Între 1984 și 1997 am lucrat la I.C.C.E. (devenit I.M.T. în 1997), unde m-am ocupat de proiectarea circuitelor integrate analogice. În 1997, am devenit doctor în Microelectronică, în timp ce lucram pentru Semiconix Design. Din 1998 lucrez la firma ON (fosta Catalyst/Essex), unde în acest moment conduc colectivul de proiectare a amplificatoarelor operaționale. Am 9 brevete de invenție și peste 50 de articole de specialitate publicate (plus o carte). Din 1986 sunt și cadru didactic asociat la Facultatea de Electronică din București, unde am colaborat mulți ani cu profesorii Anca Manolescu, Anton Manolescu și Corneliu Burileanu; în acest moment susțin, la Masterul profesoarei Lidia Dobrescu, ore de curs și aplicații pentru: „Proiectarea circuitelor integrate analogice de tip LDO” și „Proiectarea amplificatoarelor operaționale de precizie”.

Împreună cu Horia Profeta, au lucrat de la început o parte din foștii angajați de marcă ai Microelectronicii, cum ar fi Ligia Mihai, Adrian Tache, Dinu Pătrașcu, Corina Tache, Silvia Czeides și alții, care au format nucleul colectivului de proiectare a memoriilor.

Pe lângă echipa de design, ce devenise capabilă să genereze scheme electrice noi și să facă simulări complexe, s-a dezvoltat și o echipă de generare a desenului circuitului (layout) compusă din Luminița Bianu și Elena Iorgulescu. Un colectiv puternic de testare și aplicații a fost inclus de la început prin prezența specialiștilor (foști angajați la Microelectronica sau ICCE – IMT): Patrița Munteanu, Niță Codreanu, Cristian Rotaru și Cornel Rotaru. Echipa pentru sistemele de calcul și soft era compusă din Rodica Ciocea și, mai târziu, Doina Dima.

Eu am fost, practic, primul proiectant de circuite analogice angajat la Essex (decembrie 1998); în primul an m-am ocupat de perfecționarea amplificatorului ce citește celulele de memorie și dezvoltarea, împreună cu Adrian Tache, a primului potențiomtru digital cu *buffer* la ieșire. Apoi, pentru 12 ani, până în 2012, am dezvoltat linia stabilizatoarelor de tensiune de tip LDO. Colegii mei dezvoltau memorii seriale EEPROM din ce în ce mai perfecționate la care adăugau referințe de tensiune sau termometre electronice. Linia de potențiometre digitale fusese preluată de Otilia Neagoe, venită de la I.C.C.E. – I.M.T. în 2000. Apăruseră și supervizoarele pentru tensiunea de alimentare, dezvoltate în colectivul condus de Ilie Poenaru.

Firma mergea din ce în ce mai bine. Sub conducerea competentă a lui Horia Profeta, care personal a ales fiecare angajat, specialiștii din România plecau pe rând în stagii la firma mamă, Catalyst, unde conlucrau cu colegii lor, majoritatea tot români: Gelu Voicu (VP până în 2003, apoi CEO), Peter Cosmin la tehnologie, Radu Iacob și Carmen Stângu la proiectare, Ovidiu Tol la testare. Specialiști cu experiență s-au alăturat companiei în S.U.A.: George Smărăndoiu la proiectarea memoriilor, Marian Bădilă (fost la I.C.C.E. – I.M.T.) și Sorin Georgescu (fost la I.P.R.S.) la departamentul de tehnologie.

În 2003. În acest an, Radu Vanco s-a retras de la conducerea Catalyst, fiind înlocuit de Gelu Voicu, iar firma din România a devenit oficial o subsidiară a firmei Catalyst, schimbându-și numele în Catalyst România. În iulie 2008, Catalyst a fost achiziționată de ON Semiconductor. Activitatea a continuat astfel până în anul 2016, an în care contractul lui Horia Profeta nu a mai fost prelungit, consfințind încheierea unei etape importante din istoria firmei, etapa marcată de personalitatea deosebită a celui ce a construit și perfecționat un colectiv și un nume în electronica din România.

În acest moment, în sediul din România lucrează peste 80 de specialiști, împărțiți între activitățile de management, proiectare (design și layout), testare și aplicații. Majoritatea lucrează în Divizia de Circuite Integrate a ON, în grupul ce cuprinde în principal circuitele de memorie nevolatile și derivatele (translatoare de tensiune, muxes&switches, I/O expanders, logic) condus de Ligia Mihai, în grupul ce cuprinde circuitele amplificatoare operaționale și derivatele (amplificatoare operaționale de precizie, circuite de monitorizare a curentului sau current-sense, comparatoare) condus de mine, Cornel Stănescu, în noul grup ce se ocupă de circuitele de comandă pentru tranzistoare de putere condus de Vlad Anghel sau în

colectivul de testare condus de Adrian Mocanu (ce funcționează și ca administrator al site-ului împreună cu Lucia Baicu). Datorită sutelor de circuite integrate proiectate și testate la București, zecilor de brevete de invenție și sutelor de milioane (poate chiar miliarde) de circuite integrate digitale, analogice sau *mixed-signal* vândute în ultimii 20 de ani în întreaga lume, **colectivul ON Semiconductor** din București (fost Essex până în 2003, apoi Catalyst până în 2008) **reprezintă o experiență unică și fructuoasă în istoria electronicii românești.**

ON Semiconductor România este în plină dezvoltare, fiind apreciată de firma-mamă pentru creativitate, competență și potențial de dezvoltare. Faptul că majoritatea activităților de proiectare ale Diviziei de Circuite Integrate a ON Semiconductor s-au mutat la București, dovedește pe deplin acest lucru. ON Semiconductor România se bazează pe experiența specialiștilor din vechea generație, cei care au lucrat pe platforma electronicii românești Băneasa în anii '70 și '80, la care se adaugă entuziasmul, dorința de afirmare și competența celor mai tineri: Andreea Creoșteanu, Răzvan Pușcașu, Cătălin Petroianu, Alina Neguț, Mihai Agache, Mihai Samoilă, Laura Pavel, Cristian Constantin, Andrei Sevcenco, Cristian Dincă, Cristian Tudoran, Pavel Brînzoii, Constantin Păsoi, Cristian Chirișescu, Florin Drăghici, Adrian Mirancea și mulți alții care nu mă vor ierta că nu i-am menționat aici”.

Mulțumiri speciale *Ligiei Mihai* care m-a ajutat să completez și corectez acest material⁹⁴.

3.3.2. Infineon Technologies România⁹⁵

Traian Vișan⁹⁶

Infineon Technologies AG este lider mondial în dezvoltarea soluțiilor bazate pe electronica semiconductorilor pentru a face viața în societate mai ușoară, mai sigură și mai ecologică. Microelectronica dezvoltată de Infineon este cheia

⁹⁴ Materialul complet apare în cap. 8 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior.

⁹⁵ Selecțiuni dintr-un material care apare în cap. 8 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior.

⁹⁶ Traian Vișan este absolvent (1989) al Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației (ETTI) din Universitatea Politehnică București, secția Radiocomunicații și doctor în electronică al aceleiași universități (1999). Are o experiență de peste 25 de ani de lucru în cercetare-dezvoltare și mediu academic, în instituții de stat și private: inginer proiectant echipamente de radiofrecvență în divizia de radiotelefoane (1989–1992 IEMI București), asistent universitar (1992–1996) și șef de lucrări (1998–2000) la ETTI departamentul Telecomunicații, stagiul doctoral (1994) și cercetător invitat (1997) la Institut National de Telecommunication (Evry, Franța), Senior RF Designer la Alvarion România (2000–2005). Din anul 2005 este angajat în Infineon Technologies România unde a ocupat mai multe funcții în diferite departamente: RF Design Engineer în departamentul Communications (2005–2008), Analog and RF Design Engineer în departamentul de Sense and Control (2008–2010), din 2010 ocupă o poziție de management fiind șeful departamentului de Power Technologies Platforms în divizia Automotive. În toată perioada de când lucrează în mediul privat a continuat activitatea didactică fiind Lector Asociat la ETTI-UPB ținând cursuri de proiectare a circuitelor de Radio-Frecvență la programele de master în departamentele „Telecomunicații” și „Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice”.

progresului societății moderne. În anul 2017 compania a raportat vânzări în jur de 7.1 miliarde de Euro având 37.500 de angajați pe întregul glob.

Infineon Technologies România & CO SCS a fost fondată în Aprilie 2005 ca parte a unei rețele de Cercetare–Dezvoltare Europene cu centre în Graz și Villach în Austria, München în Germania și Padova în Italia. La centrul de Cercetare–Dezvoltare Infineon din București lucrează peste 300 de experți dezvoltând produse bazate pe semiconductori de la faza de concept până la introducerea în producția de masă în domeniile de mobilitate, eficiență energetică și securitate focalizate pe:

- semiconductori de putere inovativi și senzori inteligenți pentru utilizarea în aplicațiile industriei de automobile cum ar fi propulsie (în motoare termice și electrice), siguranță (ABS, Airbag) și confort interior al autovehiculului (aer condiționat, scaune încălzite etc.);

- microcontrolere de securitate și module pentru carduri bancare cu chip și alte aplicații cu securitate cum ar fi: identificare, plăți, comunicații;

- soluții software pentru automatizarea și optimizarea metodologiilor de proiectare asistată de calculator, suport pentru cultura zero-defecte și pentru reducerea ciclului de dezvoltare a produselor.

Pe lângă contribuția la gama largă de produse Infineon centrul de Cercetare–Dezvoltare din București joacă un rol important în România fiind singura companie care dezvoltă soluții inovative de semiconductori pentru industria de automobile. În centrul din București se dezvoltă specialiști români preluați încă din anii de facultate pentru practica industrială. Infineon Technologies România este angrenată prin cooperări locale și la nivel European în programe de cercetare–dezvoltare–inovare reprezentând un partener important pentru Universități și Institute de Cercetare românești ce au ca obiect de activitate dezvoltarea de soluții în micro-nanoelectronică.

4. UNITĂȚI DE CERCETARE ÎN MICROELECTRONICĂ

4.1. INTRODUCERE

Dan Dascălu

Curând după apariția industriei de semiconductori pe platforma Băneasa (1962) și a Școlii doctorale a profesorului Mihai Drăgănescu la Institutul Politehnic din București (1966) a apărut și un prim institut de cercetare în domeniu, la început sub forma unui centru afiliat IPRS-Băneasa (1969), tot sub conducerea prof. Drăgănescu. Este vorba de **Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice** (oficializat ca atare în 1974). Acesta a avut o gamă foarte largă de preocupări legate de cercetare și (micro)producție, care au facilitat formarea unor nuclee de specialiști care au stat la baza apariției unor noi facilități de producție pentru materiale, componente și aplicații, dintre care cea mai importantă a fost fără îndoială întreprinderea Microelectronica. Rolul ICCE ca platformă de formare multidisciplinară și interacțiune între specialiști

pe plan național a fost amplificat de organizarea unei conferințe anuale de profil (1978), care a supraviețuit până astăzi⁹⁷.

După decembrie 1989, ICCE (ca și întreaga platforma Băneasa) a fost supusă unei serii de provocări. Producția pentru evitarea importurilor devenise practic inutilă, exodul specialiștilor căpătase proporții, autoritățile statului nu aveau niciun fel de strategie pentru supraviețuirea și dezvoltarea industriei autohtone în condițiile deschiderii țării în fața economiei de piață. Cercetarea a fost subvenționată un timp, fără o strategie și fără investiții în infrastructură care să îi asigure competitivitatea. Iluzia dată de legiferarea inițiativei private a dus la scindarea institutului în patru entități cu funcționalitate redusă, dintre care trei au avut o viață scurtă iar a patra (care a păstrat denumirea de ICCE) a supraviețuit într-o conjunctură favorabilă (prin fuziunea cu **Institutul de Microtehnologie**, IMT) devenind parte a unui institut național și scăpând de spectrul privatizării.

IMT a apărut în scenă în 1993 (și el precedat de un centru, în 1991). Rațiunea de a exista a acestuia (tot după o idee a acad. Mihai Drăgănescu) a fost utilizarea liniei de fabricație MOS de la Microelectronica pentru a face cercetare în domeniul *exotic* al microtehnologiilor (tehnologii de microsistem, o noutate și pe plan european). Aceasta a justificat crearea (în 1993) a unei direcții de finanțare în *microtehnologii*, finanțare care a supraviețuit sub o formă sau alta timp de două decenii, chiar și atunci când colaborarea dintre IMT și Microelectronica devenise o amintire. *Viziunea creatorului școlii de microelectronică din România s-a dovedit încă odată inspirată*. Astăzi microsistemele sunt parte a industriei microelectronice, iar IMT, consolidat cu resursele umane din ICCE (1996), a performat în programele de cercetare europene, a reușit să-și aducă la zi infrastructura experimentală și să atragă colaborarea unor firme inovative în domenii de mare interes, cum este cel al *securității*. Interesul pentru microtehnologii a fost confirmat și de firma americană Honeywell care a creat în România un laborator de cercetare pe profil apropiat preocupărilor din IMT. După închiderea acestui laborator în ianuarie 2017, o parte dintre cercetătorii laboratorului s-au regrupat în IMT.

4.2. CERCETARE ȘI MICROPRODUCȚIE ÎN INSTITUTUL DE CERCETĂRI PENTRU COMPONENTE ELECTRONICE (ICCE)

text adaptat după Marius Băzu⁹⁸

Prima instituție de cercetare românească în domeniul microelectronicii a fost Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE), înființat în 1969, ca un centru de cercetare al fabricii IPRS-Băneasa, cu scopul declarat de a realiza în țară primele tranzistoare planare de mică putere pe siliciu, dar și pentru a dezvolta

⁹⁷ Este vorba de Conferința Anuală de Semiconductori (CAS), care este prezentată în secțiunea 4.2.5.

⁹⁸ Textul de bază, al cărui autor este Marius Băzu, se găsește în Cap. 4 al volumului *Școala românească de micro- și nanoelectronică* (SRMN 2018).

tehnologiile pentru componentele electronice din profilul de fabricație al fabricii: diode, tiristoare, tranzistoare, componente pasive, apoi și circuite integrate. Cel care a avut un rol decisiv în înființarea centrului, fiind și primul director, a fost academicianul Mihai Drăgănescu.

4.2.1. Etapa CCPCE (1969–1974)

Fondatorul și primul director al institutului a fost acad. Mihai Drăgănescu, cel care a fondat și alte instituții reprezentative pentru electronica românească. Între 1970 și 1974, director al CCPCE-Băneasa a fost dr. ing. Ioan Bătrâna, cel care fusese între 1966 și 1969 director adjunct științific al Institutului de Cercetări Electronice (ICE); apoi, în 1974, dr. ing. Ioan Bătrâna a devenit director general al Centralei Industriale pentru Electronică și Tehnică de Calcul (CIETC), revenind din 1983 la conducerea institutului. CCPCE a colaborat strâns cu IPRS-Băneasa. În această perioadă au fost omologate și puse în fabricație la IPRS-Băneasa mai multe tipuri de tranzistoare, diode și tiristoare.

4.2.2. Etapa dezvoltării accelerate (1974–1989)

Între 1974 și 1983, director al institutului a fost dr. ing. **Constantin Bulucea** (v. biografie în secțiunea 6.3.1). Ca director adjunct a funcționat ing. Gheorghe Constantinescu, cel care a devenit în 1981 primul director al întreprinderii Microelectronica. De notat că pe întreaga durată de funcționare a ICCE, tehnologul principal al institutului a fost dr. fiz. **Constantin Postolache**.



Dr. ing. Ioan Bătrâna, director al ICCE în 1970–1974 și 1983–1991.



Dr. ing. Constantin Bulucea, director al ICCE în 1974–1983, director adjunct în 1970–1974 și 1983–1986.



Dr. fiz. Constantin Postolache, tehnolog principal al ICCE.

Între 1983 și 1991, a revenit ca director dr. ing. **Ioan Bătrâna**, avându-l ca director adjunct științific pe Constantin Bulucea, apoi, din noiembrie 1986 (după plecarea dr. Bulucea din țară), pe dr. ing. Dănuț Olteanu.

În anul 1974, institutul s-a mutat într-un nou sediu, în vecinătatea IPRS-Băneasa, cuprinzând un ansamblu de trei clădiri. În perioada 1976–1978 s-a construit secția

de microproducție pentru componente electronice, o clădire cu parter și trei etaje, iar după 1980 s-a construit o nouă clădire, cu trei etaje, unde s-au mutat mai multe laboratoare. Acolo își avea sediul și a doua secție de microproducție a ICCE, cea de utilaje tehnologice.

În ceea ce privește activitatea de cercetare, încă din 1974 ICCE a început să aibă contracte de cercetare și cu alte instituții din România, pe lângă IPRS-Băneasa, care rămânea un beneficiar important. Pentru alți beneficiari, s-a trecut la fabricarea prin microproducție a unor componente. Secția de microproducție a fost inaugurată în anul 1979, iar ICCE a devenit un fabricant de dispozitive cu semiconductoare (catalogul apărut în 1980 avea 450 de pagini, acoperind 5 familii de dispozitive). Începând din 1980, ICCE a livrat componente electronice de înaltă fiabilitate pentru programele speciale N (centrala nucleară), G (apă grea), M (metrou), A (armată), R (Rachete) etc. Pentru selecția de fiabilitate erau folosite programe de îmbătrânire accelerată dezvoltate în institut pe baza cercetărilor proprii.

Pe de altă parte, tot în această perioadă, cercetătorii din ICCE au fost implicați (de cele mai multe ori, prin plecarea din ICCE) în dezvoltarea unor noi investiții în domeniu, cum au fost⁹⁹:

– în 1974: secția 2 500 a IPRS-Băneasa s-a dezvoltat pe baza unei licențe străine, achiziționată de la firma ITT (Germania), cu personal provenind din institut (fiz. Ion Negrescu, dr. ing. Dănuț Olteanu, dr. ing. Mihai Mihăilă, ing. Florian Brădău, ing. Dumitru Sdrulla, ing. Ștefan Gozner, ing. Marcu Bușe, ing. Aurel Beldiman, dr. ing. Marian Bădilă, dr. ing. Valerică Cimpoșca etc.);

– în 1978: Colectivul de Componente Pasive, condus de ing. Svetlana Rău, a asigurat dezvoltarea fabricației de condensatoare cu tantal de la Tehnoton Iași, prin punerea în fabricație a tehnologiei puse la punct în institut, cu utilaje importate din China;

– în 1979: Laboratorul de Creșteri Monocristaline, condus de fiz. Mihai Șerbănescu, a pus bazele Întreprinderii de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), înființată în 1979 pe Platforma Dudești în București, astăzi desființată;

– în 1981: Laboratorul de Circuite Integrate Digitale, condus de ing. Dorel Prisecaru a reprezentat nucleul de specialiști cu care s-a înființat întreprinderea Microelectronica. Mai întâi, acești specialiști au adaptat pe noile utilaje tehnologia de fabricație a plachetelor pusă la punct în ICCE și tehnologia de asamblare și testare achiziționată cu licență SGS-ATES (Italia). *Conducătorii tehnici ai acestor eforturi au fost Dorel Prisecaru (coordonator tehnic), Radu Bârsan (tehnologia de fabricație), Gelu Voicu (asamblare/testare) și Horia Profeta (sisteme de calcul)*¹⁰⁰. Hotărârea de înființare a întreprinderii Microelectronica a fost precedată de o perioadă de patru ani, în care directorul ICCE, dr. ing. Constantin Bulucea, a întocmit și susținut documentele și prezentările necesare aprobării investiției Microelectronica de către organele de decizie.

⁹⁹ Nona Millea (coordonator), *Electronica românească. O istorie trăită*, Vol. V, cap. III (ICCE), în curs de apariție (se face trimitere la un capitol redactat de Marius Băzu).

¹⁰⁰ Nona Millea (coordonator), *op. cit.* în curs de apariție.

Începând din anul 1980, s-a înregistrat înrăutățirea condițiilor de viață, dar și a celor în care se desfășura activitatea de cercetare din România. Aceasta a făcut ca mulți cercetători din ICCE să facă cerere de plecare definitivă din țară, printre alții: ing. Radu Vancu (care a avut după aceea o carieră excepțională în SUA, în conducerea executivă a mai multor firme), ing. Adrian Cernea (stabilit tot în SUA, unde a lucrat cu succes la diferite firme de semiconductoare), ing. Andrei Mihnea (un electronist de excepție care a lucrat în SUA la firmele Catalyst Semiconductor, Micron Technology, Inc., SanDisk), ing. Cristian Tihărău, ing. Ion Constantinescu etc. Au continuat și rămănerile neașteptate în străinătate, cea mai importantă fiind a directorului științific în funcție, dr. ing. Constantin Bulucea, în noiembrie 1986.

Cu toate acestea, ICCE a ajuns în 1989 la un nivel maxim de dezvoltare și realizări pentru perioada de până atunci. Cercetătorii puteau realiza, prin așa numita „inginerie inversă”, aproape orice dispozitiv semiconductor din cataloagele străine (cu excepția microprocesoarelor), utilizând tehnologii de nivel mondial, nivelul microproducției atinsese un maximum, iar gama de produse fusese mult lărgită.

4.2.3. Etapa postrevoluție (1990–1996)

La început, în anii 1990–1991, institutul și-a reluat numele de ICCE, iar conducătorul instituției a rămas dr. ing. Ioan Bătrâna, care s-a retras totuși în 1991, iar ICCE s-a divizat în patru instituții. Cea mai mare dintre ele (ca număr de oameni) continua să poarte numele ICCE și rămânea în subordinea Ministerului Cercetării și Tehnologiei, fiind condusă de directorul Constantin Gheorghiu, secondat de directorul științific dr. ing. Sergiu Iordănescu. Sediul cuprindea clădirea principală cu șase etaje și hala veche de tehnologie. Din păcate, ICCE pierdea clădirea secției de microproducție (care avea echipamente mult mai noi, achiziționate după 1979), devenită societate comercială cu numele ROMES S.A., care nu a putut rezista decât câțiva ani. În final, utilajele de fabricație au fost reciclate ca metal vechi. Celelalte două întreprinderi create din ICCE, EMCO S.A. (fosta Secție de Aplicații), respectiv TEHNOFINA S.A. (fosta Secție de Echipamente de Fabricație a Componentelor Electronice), au avut aceeași soartă, în prezent fiind și ele desființate.

Finanțarea era precară, iar personalul institutului se împuțina. Dacă în 1991, în momentul separării celor patru instituții din vechiul ICCE, în noul institut de cercetare mai erau cca 500 de salariați, în noiembrie 1996, numărul lor era de cca 200. Plecările în străinătate ale specialiștilor din ICCE se produceau, de regulă, în Silicon Valley, California, SUA. O schimbare a avut loc după înființarea unor filiale românești ale unor firme americane sau europene, în sensul că plecările au început să fie spre aceste destinații (ON Semiconductors sau Honeywell România), dar cu rămânerea specialiștilor respectivi în țară¹⁰¹.

În aceste condiții, în ultimele zile ale guvernului Văcăroiu, pe 25 noiembrie 1996, ministrul Cercetării, Doru Dumitru Palade, a inițiat hotărârea de guvern prin care se înființează Institutul Național de Cercetare–Dezvoltare pentru Microtehnologie, „prin reorganizarea Institutului de Microtehnologie și prin fuzionarea cu Institutul

¹⁰¹ Nona Millea (coordonator), *op. cit.* în curs de apariție.

*de Cercetări pentru Componente Electronice, care se desfășurează*¹⁰². Trebuie spus că Institutul de Microtehnologie era o structură înființată în 1993, prin dezvoltarea unui Centru de Microtehnologie (apărut în 1991), ambele, sub conducerea dr. ing. Dan Dascălu, profesor la Universitatea Politehnică din București și membru al Academiei Române. Hotărârea de guvern se baza pe evaluarea potențialului institutelor de cercetare, făcută de Ministerul Cercetării în cursul anului 1996.

4.2.4. Cercetare–dezvoltare în ICCE în etapa de dezvoltare accelerată (1974–1989)

Personalul Institutului a crescut considerabil în această perioadă, de la cca 150 de salariați în 1974, la aproximativ 1 500 la sfârșitul anului 1989. Cei veniți erau în special absolvenți ai facultăților de Electronică și Telecomunicații de la Institutul Politehnic București, respectiv Fizică, de la Universitatea București, dar și ai altor facultăți.

Pregătirea profesională a personalului a continuat să fie un element fundamental al politicii conducerii institutului, reușindu-se chiar invitarea unor specialiști străini care să țină cursuri pentru cei din institut.



Prima imagine colectivă cu tinerii cercetători din ICCE (anul 1977), cu ocazia seriei de lecții despre tehnologia VLSI, ținute la IPB de către profesorul american William G. Oldham, de la Universitatea Berkeley, California (Arhiva dr. ing. Constantin Bulucea).

Lucrări științifice. Este perioada în care numărul publicărilor realizate de specialiștii institutului crește într-un ritm exponențial. Câteva exemple semnificative de titluri ale unor reviste în care se publica sunt date în continuare:

- articole, în special în revistele din România (Rev. Roum. Phys., Rev. Roum. Sci. Tech., Buletinul IPB, Electrotehnica, Automatica și Electronica, Revista de Chimie, Calitate, Fiabilitate, Metrologie), dar și unele publicate în străinătate (Physics

¹⁰² Hotărârea Nr. 1318 din 25 noiembrie 1996, privind înființarea Institutului Național de Cercetare–Dezvoltare pentru Microtehnologie – IMT București, <http://legislatie.just.ro/Public/Detalii/Document/10383>.

Letters, IEEE Tr. on Electron Devices, Electronic Letters, Solid State Electronics, Int. J. Electronics, Journal of Applied Physics etc.);

- comunicări la conferințe din Est și Vest: Conf. on Microelectronics – MIEL, Symp. on Reliab. in Electronics RELECTRONIC, Electrochemical Society – ECS, GADEST (Gettering and Defect Eng.) etc.;

- brevete de invenție: nu mai puțin de 38 de brevete de invenție naționale au fost realizate în această perioadă.

În ceea ce privește comunicările științifice, de notat că, începând din 1978, ICCE organizează o conferință cu lucrări din domeniul semiconductoarelor, numită Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS), unde își publică realizările specialiștii din institut, dar și din industrie și din învățământul superior (a se vedea secțiunea 4.2.5).

Produce. Principalele categorii de produse asigurate prin microproducție au fost: *Diode cu siliciu*: Diode de comutație, Diode de microunde (Diode de detecție cu contact punctiform, Diode varactor de acord, Diode PIN, Diode multiplicatoare de frecvență, Diode Schottky); *Tranzistoare cu siliciu*: NPN/PNP de aplicații generale, NPN/PNP de comutație. NPN de înaltă frecvență, NPN/PNP de zgomot redus, NPN pentru amplificare video, Cu efect de câmp, de tip poartă joncțiune cu canal N, Cu efect de câmp, de tip MOS, Microminiatură, Unijoncțiune; *Dispozitive optoelectronice*: Diode electroluminiscente, Fotodiode, Fototranzistoare, Fototristoare, Celule fotovoltaice și baterii de celule fotovoltaice, Celule solare și baterii de celule solare, Fotodetectoare quadrant, Cuploare optice, Comutatoare optoelectronice, Elemente de afișare numerică cu 7 segmente, Fotodetectoare sensibil în albastru, Dispozitive optoelectronice pentru supravegherea firelor textile; *Componente pasive pentru microunde*: Divizoare hibride microstrip 3 dB – 90°, Divizoare hibride microstrip 3 dB – 180°, Divizoare de putere microstrip 3 dB – 0°, Cuploare direcționale microstrip, Filtre de rezonatori microstrip, Circulatoare microstrip; *Circuite de microunde*: Amplificatoare pentru microunde (de frecvență intermediară, de semnal mic, de bandă largă, de semnal mic și bandă îngustă, de putere), Oscilatoare pentru microunde (Oscilatoare cu tranzistoare cu acord electronic, Oscilatoare cu diode IMPATT, Detectoare pentru microunde, Mixere pentru microunde, Multiplicatoare de frecvență, Defazoare pentru microunde cu diode PIN, Modulatoare de amplitudine; *Circuite integrate liniare*: Amplificatoare operaționale, Stabilizatoare de tensiune, Comparatoare de tensiune, Modulatoare, Matrice de elemente active, Circuite la comandă în tehnologie Monocip; *Circuite integrate hibride*: Amplificatoare operaționale, Amplificatoare analogice, Convertoare, Surse de tensiune stabilizată, Circuite de eșantionare–memorare. De asemenea, institutul fabrica mai multe tipuri de capsule.

Cele mai importante colective de cercetare ale ICCE

(a) **Laboratorul de Tehnologie (L1)** a fost condus până în 1979 de dr. fiz. C. Postolache, care apoi a devenit șef al noii secții de microproducție, iar șef al L1 a fost numit ing. Ioan Pavelescu. La mijlocul anilor '80, L1 a devenit Secția de Cercetare Tehnologică, condusă de dr. fiz. Constantin Postolache. Acest colectiv producea măști de înaltă rezoluție, rigle de precizie microminiatură pe suport de sticlă, discuri incrementale pe suport de sticlă etc. **Secția de Microproducție (S1)**

fabrica acele componente omologate care fuseseră cercetate în institut. Ea avea un Colectivul de Testare, condus de ing. Ovidiu Popescu și Colectivul de Inginerie Tehnologică, condus de dr. ing. Dănuț Sachelarie.

(b) **Dispozitive Discrete.** Din 1974 au existat două colective și anume Tranzistoare 1 (viitorul L5) și Tranzistoare 2 (mai apoi, L2). Laboratorul L2, condus de dr. ing. Dănuț Olteanu, studia tranzistoarele pe siliciu. Aici a fost repartizată dr. ing. Raluca Müller, cea care urma să devină în 2011 Director general al institutului IMT-București (v. secțiunea 4.5.11). Pe de altă parte, unii dintre membrii colectivului ITT (care făcuseră parte din Laboratorul de Dispozitive Discrete), format din cei care înființaseră secția 2500, Tranzistoare cu siliciu, a IPRS-Băneasa, tocmai își terminaseră în 1974 stagiile în Germania și se întorseseră în ICCE, chiar în L2: ing. Florian Brădău, ing. Aurel Beldiman, dr. ing. Marian Bădilă etc.

Laboratorul L5, condus de dr. ing. Gheorghe Grădinaru, se ocupase inițial tot de tranzistoare pe siliciu, fiind oarecum în concurență cu L2. Dar în acest laborator se crease un colectiv specializat pe componente de microunde, care a devenit ulterior un *laborator de microunde*. Colectivul principal era cel condus de dr. fiz. Alexandru Müller (devenit șef de laborator după 1990, când ing. Grădinaru a plecat în SUA, v. secțiunea 4.5.10). Primele dispozitive de microunde au fost realizate în 1977, dioda varactor de acord ROV01 și dioda PIN ROV201. Ulterior au fost realizate diode Schottky și microcapsule ceramice LID pentru componente de microunde.

(c) **Circuite integrate.** Laboratorul de Circuite Integrate¹⁰³, înființat în CCPCE, era condus de ing. Mircea Dușa (v. secțiunea 6.3.2), care era și liderul colectivului de Măști și avea trei colective: (1) Circuite Integrate Digitale, condus de ing. Dorel Prisecaru (printre membri dr. ing. Andrei Vladimirescu (v. secțiunea 6.3.3), ing. Horia Profeta, ing. Ana Ristea etc.) – a devenit Laborator în 1974, primind mai mulți absolvenți de electronică și devenind în 1981 nucleul noii întreprinderi Microelectronica, unde întreg personalul a trecut *in corpore*; (2) Circuite Integrate Analogice, condus de ing. Mihai Șerban Datculescu-Vais, având printre membri pe Radu Mutică-Vancu (v. secțiunea 6.3.4), în 1974, Colectivul a devenit Laborator, condus de ing. Mircea Dușa; (3) Grupul de Simulare / Modelare.

(d) **Optoelectronică.** În cadrul CCPCE a apărut un colectiv de Optoelectronică, condus de dr. fiz. Stelian Nan, devenit în 1976 laborator (L6). În anul 1983, la înființarea întreprinderii Microelectronica, grupul de diode electroluminiscente din laboratorul de Optoelectronică a trecut în cadrul Secției LED și Afișoare din nou înființată întreprindere. După 1990, atunci când se înregistrau multe plecări din institut, a venit în acest laborator un absolvent din 1993 al Facultății de Fizică, dr. fiz. Adrian Dinescu (v. secțiunea 4.5.3), care va deveni în 2017 director general al IMT București. Laboratorul de Optoelectronică a dezvoltat mai multe familii de componente optoelectronice: fotodiode cu siliciu, fototranzistoare, fotodectoare rapide pentru comunicații optice și telemetrie laser, celule fotovoltaice, fototiristoare, celule solare,

¹⁰³ Laboratorul de Circuite Integrate a realizat o serie de circuite echivalente cu cele străine, cum erau: ROB 450–454, echivalente cu familia SN 7545X a firmei Texas Instruments; ROB 361, echivalent cu DS 75361 al firmei National sau ROB 8161, echivalent cu TAA 861 al firmei Siemens și cu SFC 2861, al firmei Sescosem.

fototrigere, circuite optoelectronice integrate, fotodectoare quadrat și matrici liniare de fotodectoare, fotodiode monolitice diferențiale, detectoare fotometrice–radiometrice, cuploare și comutatoare optoelectronice, diode electroluminiscente.

(e) **Testare, Caracterizare și Fiabilitate.** A cuprins colectivul de testare, colectivul de analize chimice. **Laboratorul de Fiabilitate** a apărut în anul 1977, în cadrul L5, sub forma unui colectiv condus de dr. ing. Lucian Gălățeanu (absolvent de Electronică, secția Ingineri Fizicieni, în 1970). A devenit laborator în 1979, an în care a înglobat colectivul de Analiza Fiabilității, condus de dr. ing. Marius Băzu, care a devenit în 1990 șeful laboratorului (v. secțiunea 4.5.1). S-a reușit să se asigure livrări de componente de înaltă fiabilitate pentru programe militare și de aviație, pentru centrale nucleare, pentru uzina de apă grea etc. pe baza construirii și aplicării unor programe specifice de încercări de selecție.

Spectrul de preocupări al ICCE era foarte larg, incluzând *Aplicații, Fabricarea de utilaje tehnologie, Componente pasive*¹⁰⁴, *Creșterea monocristalelor de siliciu*¹⁰⁵, *Circuite Hibrade*¹⁰⁶.

Observație. Infrastructura experimentală a ICCE, inclusiv cea realizată prin autoutilare a fost grav amputată de scindarea institutului în patru unități (1990). S-au adăugat uzura morală și cvasiabsența investițiilor, care a continuat timp de aproape un deceniu și după fuziunea cu IMT (cu excepția utilităților și a tehnicii de calcul).

4.2.5. Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS)

Înființată în 1978, la inițiativa directorului ICCE, dr. ing. Constantin Bulucea, Conferința Anuală de Semiconductoare (CAS) a fost, fără îndoială, cel mai important instrument al ICCE pentru promovarea sa pe plan intern, apoi și pe plan internațional, în special prin comunicările realizate de cercetătorii din institut, care aveau ocazia să se confrunte și să fie validați de specialiștii din domeniu. Pe de altă parte, CAS a fost permanent și o sursă de informații pentru cercetătorii din ICCE, care se puteau conecta direct la tot ce era mai valoros în țară în domeniul lor de activitate, iar după 1991, aveau acces și la contribuții valoroase din străinătate. În continuare este descrisă perioada 1978–1996 a conferinței, în care instituția organizatoare era ICCE.

Locul de desfășurare. Prima ediție a avut loc în 1978, la Timișul de Sus, la complexul Gaiser¹⁰⁷. Tot acolo au fost organizate și edițiile 1979–1980 și 1982–1984.

¹⁰⁴ În 1978, Colectivul de Componente Pasive a asigurat dezvoltarea fabricației de condensatoare cu tantal de la Tehnoton Iași prin punerea în fabricație a tehnologiei dezvoltate în institut.

¹⁰⁵ În 1979, acest colectiv a devenit nucleul noii Întreprinderi de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), Dudești.

¹⁰⁶ În 1991, ing. Mihai Georgescu, șeful colectivului, a înființat, împreună cu întregul grup de specialiști, firma românească Imperial Electric S.A., care funcționează și astăzi.

¹⁰⁷ De fapt, a existat, în vara lui 1976, o primă încercare de organizare (de către comitetul UTC din ICCE, mai precis, de către secretarul cu probleme profesionale, ing. Radu Vancu) a unei conferințe în București, la sediul AGIR de pe Calea Victoriei, dar participanții cu funcții importante erau solicitați în timpul conferinței să se deplaseze la alte ședințe urgente, în București, astfel încât a devenit clar că această conferință trebuie organizată în afara capitalei.

În 1981, complexul Gaiser (rezervat, de altfel, pentru un circuit închis) era ocupat cu alte activități, astfel încât conferința s-a ținut la Predeal. Din 1985, locația Gaiser a devenit inaccesibilă, astfel încât conferința s-a mutat, mai întâi la Poiana Brașov (1985), apoi, din 1986, la hotel „Sinaia” din Sinaia, unde, între 11 și 14 octombrie 2017, s-a desfășurat ediția a 40-a.

Echipa organizatorică. Încă de la început, echipa CAS a fost condusă de un Președinte. Între 1978 și 1986, acesta a fost dr. ing. Constantin Bulucea, fondatorul conferinței. După plecarea sa din țară, funcția a fost preluată de dr. ing. Ioan Bătrâna, directorul ICCE, care a creat și o funcție de Președinte de onoare pentru acad. Mihai Drăgănescu.

Tot de la prima ediție, conducerea executivă a CAS era asigurată de un manager. La primele două ediții acesta a fost ing. Florian Brădău, apoi, la următoarele trei, managerul a fost schimbat an de an: în 1980 – ing. Adrian Bejan, în 1981 – ing. Mihai Statovici, iar în 1982 – dr. ing. Marian Bădilă. Din 1983, timp de trei ediții, Manager a fost dr. ing. Marius Băzu, ajutat de ing. Doina Vancu, ca manager asistent, iar în 1985 și de dr. ing. Sergiu Iordănescu. Din 1986 și până în 1996, ing. Doina Vancu a fost manager CAS.

Evaluarea lucrărilor trimise și întocmirea programului științific erau efectuate de conducerea științifică a conferinței: trei secretari, la prima ediție, apoi un vicepreședinte cu programul tehnic (ing. Radu Bârsan), în fine, din 1980, un Comitet de asamblare a programului, variabil an de an ca dimensiune și componență. Apar apoi subcomitete de selecție, coordonate de un Președinte al programului științific. În această funcție au fost mai întâi ing. Radu Bârsan (1985), apoi ing. Ștefan Gozner (1986), în fine, profesorul Adrian Rusu, membru corespondent al Academiei Române, aflat în mod constant la conducerea programului științific începând din 1980 și până la dispariția sa, unanim regretată, din 2012. Un alt cadru didactic de la IPB aflat mereu, începând din 1983 și până astăzi, cu diferite funcții în comitetul de program a fost profesorul Gheorghe Brezeanu.

Ceilalți membri ai Comitetului de organizare erau responsabili pentru alte activități, a căror enumerare este semnificativă: secretariat, asistență tehnică, casier, grafică, foto, cazare, expoziții, postere, dar și: transport (pentru că până în 1990, inclusiv, transportul participanților de la București și înapoi se asigura cu autobuze închiriate de organizatori), film/muzică, cineclub, gazeta CAS (apărută între 1985 și 1990, cu articole satirice de bun gust, extrem de apreciate de participanți) etc. Întotdeauna, la CAS, activitățile conexe au fost importante! Probabil că ele au contribuit decisiv la formarea așa-numitului „spirit CAS”, care poate fi definit prin câteva elemente: întâlniri informale între specialiști, dar și între șefi de instituții, banchet (cu premii pentru ediția precedentă), popice (seara), proiecții de diapozitive și desene animate (pentru copii), expunerea unor lucrări de artă, excursii (pentru membrii familiilor: soții/soți, copii), fotografia cu toți participanții¹⁰⁸.

Lucrările conferinței. Conținutul tehnico-științific al lucrărilor prezentate s-a îmbunătățit an de an, selecția fiind extrem de riguroasă. E suficient să amintim

¹⁰⁸ Nona Millea (coordonator), *op cit* în curs de apariție.

procentajul lucrărilor acceptate pentru primii ani¹⁰⁹: în 1980 – 33% (71, din 216!), în 1981– 54%, în 1982 – 49%. În 1990, procentajul acceptărilor atingea 82%. În mod evident, nivelul lucrărilor trimise crescuse simțitor, pentru că nimeni nu mai îndrăznește să trimită lucrări slabe la CAS. Știa sigur că ar fi respinse.

Începând din 1983, la fiecare ediție, participanții erau așteptați la înregistrare cu volumul conținând rezumatele extinse (4 pagini, format A4), scrise pe formulare speciale (cât timp redactarea se făcea la mașina de scris!), apoi, atunci când s-a trecut la redactarea pe PC-uri, pe baza indicațiilor de redactare trimise de organizatori. CAS a fost o adevărată școală pentru tinerii cercetători din ICCE, atât în ceea ce privește scrierea de comunicări științifice, cât și prezentarea lor orală. Din 1981, s-a introdus secțiunea Poster, astfel încât tinerii cercetători din ICCE învățau și cum să-și sintetizeze lucrările pe un asemenea suport, foarte răspândit în ultima vreme.

Multe dintre subiectele conferinței au fost definite ca titluri de secțiuni încă de la prima ediție și au rămas apoi aceleași până în 1996: Analiză și modelare, Tehnologie, Dispozitive de microunde, Dispozitive optoelectronice, testare, Aplicații. Din 1983, s-a adăugat secțiunea de Fiabilitate (combinată la unele ediții ulterioare cu Caracterizarea microfizică). În 1988 a apărut secțiunea de Traductori cu semiconductoare, denumită, din 1992, Senzori, iar în 1996, secțiunea Microsisteme. Din 1994, o secțiune specială a fost dedicată lucrărilor studențești, fiind organizată de prof. dr. ing. Gheorghe Brezeanu, de la Universitatea Politehnica București.

Participanții. La prima ediție, lucrările aparțineau unor autori din ICCE, IPRS, IPB, IFTM, ICE, Universitatea Timișoara și ITC Cluj. La a doua ediție, au apărut și lucrări cu autori din alte instituții: IIRUC, ITC București, ITC și IPT Timișoara, IPA, IPCN, ICPTc, Univ. Craiova, IRNE, Inst. Metrol. și Hidrol., ITIM Cluj, ICPTTc. Apoi, la fiecare ediție numărul instituțiilor participante s-a mărit, dovadă a prestigiului crescând al CAS.

Ediția 1984 a fost una specială, pentru că a avut drept invitați mai mulți profesori de la Institutul Politehnic București: prof. Mihai Drăgănescu, prof. Radu Grigorovici, prof. Adelaida Mateescu, prof. George Moisil, prof. Edmond Nicolau, prof. Ion Popescu, prof. Alexandru Timotin.

CAS a devenit o conferință internațională în 1991. Din 1992, între organizatorii conferinței apare IEEE-Romania Section, din 1993 – Electronic Devices Chapter, iar din 1996 – Electrochemical Society.

Putem spune că această Conferință Anuală de Semiconductoare (CAS) este cea mai importantă moștenire lăsată de ICCE și care continuă să funcționeze. Echipamentele s-au pierdut, cultura de organizație s-a schimbat, produsele nu se mai pot fabrica, cercetătorii s-au pensionat, dar CAS a mers înainte, având în 2017 cea de-a 40-a ediție!

¹⁰⁹ M. Băzu, *Evoluția de-a lungul a 37 de ani a Conferinței anuale de semiconductoare (CAS)*, Sesiunea de comunicări științifice a Diviziei de istoria Tehnicii a CRIFST, 14 aprilie 2016, București, Sala de Consiliu a Academiei Române.



Fotografie de grup cu participanții la ediția 1984 a Conferinței Anuale de Semiconductoare.

4.2.6. Concluzii privind rolul ICCE în dezvoltarea domeniului¹¹⁰

Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE) și-a îndeplinit cu succes scopul pentru care a fost creat, pentru că:

- a dezvoltat tehnologii și a realizat produse în domenii care erau complementare cu cele abordate de IPRS-Băneasa (pentru dezvoltarea căroră fusese înființat), respectiv dispozitive în tehnologia MOS, dispozitive optoelectronice și dispozitive de microunde;

- a participat cu echipe de specialiști la înființarea și dezvoltarea unor obiective importante ale industriei electronice românești: Microelectronica, Întreprinderea de Creștere și Prelucrare Monocristale de Siliciu (ICPMS), secția 2500 a IPRS-Băneasa etc.;

- a oferit fabricilor de pe platforma Băneasa (IPRS-Băneasa și Microelectronica) tehnologii de fabricație și proiecte de componente electronice pe bază de siliciu, în acord cu realizările pe plan mondial;

- a format și a pus la dispoziția acestor fabrici resurse umane de înaltă calificare într-un domeniu nou în lume, cel al dispozitivelor electronice pe bază de siliciu;

¹¹⁰ Aceste concluzii sunt preluate integral din materialul original al dr. Marius Băzu, Cap. 4 al volumului **SRMN 2018**. Notele biografice ale lui *Constatin Bulucea* și *Radu Vancu* sunt preluate în subcapitolul *diaspora* (secțiunea 6.3) și cele ale lui *Mihai Mihăilă* și *Marius Băzu* în secțiunea 4.4.

- a furnizat, prin microproducție, industriei electronice românești acele tipuri de componente performante, dar solicitate în cantități mici, care nu puteau fi realizate în condiții de eficiență economică la fabricile de profil;
- a livrat componente de fiabilitate ridicată pentru programele speciale lansate în România, în anii '80;
- începând din 1978, a organizat Conferința Anuală de Semiconductoare, for de prezentare de înalt nivel pentru realizările cele mai importante din domeniu, devenită în 1991 conferință internațională, sub egida IEEE;
- în întreaga sa activitate, și-a stabilit și a respectat permanent un standard înalt de calitate, pe care l-a impus în toate colaborările avute.

4.3. INCD-MICROTEHNOLOGIE (IMT BUCUREȘTI)

Dan Dascălu¹¹¹

4.3.1. Apariția Institutului de Microtehnologie

Academicianul Mihai Drăgănescu a fost cel care a avut ideea de a se înființa un institut care să preia linia de fabricație CMOS existentă în țară pentru a dezvolta microsenzori și micro sisteme. Ideea a apărut în contextul în care S.C. Microelectronica S.A. era în derivă după dispariția CAER, care asigura piața de desfacere, dar și unele semifabricate. Într-un articol recent¹¹² se arată *cum a apărut institutul* plecând de la ideea acad. Drăgănescu.

„În septembrie 1991 s-a înființat prin semnătura prof. Andrei Țugulea, secretar de stat pentru cercetare, așa-zisul CMT (Centrul de Microtehnologie). Ministru la data respectivă era prof. Gh. Ștefan. Ambii au devenit între timp membri ai Academiei Române (acad. Andrei Țugulea a decedat în decembrie 2017). În intervalul 1991–2011, director al acestui centru, devenit ulterior (1993) institut, și apoi (1996) institut național, a fost autorul acestui articol¹¹³.

Un rol aparte în evoluția acestei unități de cercetare în perioada 1992–1996 l-a avut prof. dr. ing. Doru Dumitru Palade, Director general al Institutului de mecanică fină. În calitate de vicepreședinte al Colegiului Consultativ a prezidat o ședință în care s-a făcut o evaluare a domeniului de microtehnologii (29 februarie 1992). Ca ministru a

¹¹¹ Versiune prescurtată a capitolului 6 din volumul *Scoala românească de micro- și nanoelectronică*, volum deja citat (SRMN 2018). Informație suplimentară poate fi găsită în: Dan Dascălu, „Retrospectiva IMT”, www.link2nano.ro/retroIMT și Dan Dascălu, secțiunea IV 2, „Institutul de Microtehnologie (IMT) – O istorie subiectivă”, în Nona Millea (coordonator) „Electronica românească. O istorie trăită. vol. 5 Industria de componente. Alte unități”, Edit. AGIR (în curs de apariție). Se citează frecvent articole din revista *Market Watch*. Acestea sunt ușor accesibile pe site-ul www.marketwatch.ro, mai precis pe pagina <http://www.marketwatch.ro/revista/arhiva/>. Rapoarte științifice ale IMT (în limba engleză) sunt afișate de mai bine de un deceniu pe site-ul www.imt.ro.

¹¹² Dan Dascălu „O sămânță care a rodit”, *Academica*, Nr. 5–6, mai–iunie 2017, Anul XXVII, 319–320, pp. 36–38; Dan Dascălu „O fereastră spre viitor”, *Academica*, iulie 2018, pp. 71–77.

¹¹³ După acad. Dan Dascălu, director general al INCD Microtehnologie (IMT București) a fost dr. ing. Raluca Müller (iulie 2011–ianuarie 2017). În prezent acest post este ocupat de către dr. fiz. Miron Adrian Dinescu.

asigurat CMT finanțarea necesară pentru a susține activitatea liniei de fabricație de la S.C. Microelectronica, a introdus (1993) în Planul Național de cercetare domeniul de „microtehnologii” (la Comisia Europeană finanțarea distinctă a tehnologiilor de microsistem are loc din 1994), a înființat Institutul de Microtehnologie (IMT), prin HG (23 iulie 1993). Ulterior, a propus fuziunea dintre IMT și ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice), idee pe care nu o mai avusese nimeni până atunci. În mandatul de ministru al domniei sale, prin HG (noiembrie 1996) apare actualul institut național (INCD Microtehnologie, sau IMT București).

Cum au evoluat lucrurile? Trebuie să subliniem mai întâi **împlinirea viziunii profesorului Mihai Drăgănescu**: microtehnologiile (astăzi micro-nanotehnologii) și-au confirmat potențialul, dar nu numai în tehnologia micro-nanoelectronică, ci și în industriile tradiționale. Dacă această idee s-a dovedit rodnică (o «sămânță» care a «rodit»), în schimb gestionarea unei linii de producție de către o unitate de cercetare s-a dovedit nerealistă, mai ales în condițiile unei privatizări haotice, care a dus practic la dispariția industriei de pe platforma Băneasa. IMT a gestionat linia de fabricație de la S.C. Microelectronica numai până în martie 1997, dar institutul a supraviețuit: **fuziunea cu ICCE** i-a asigurat un sediu, un minim de infrastructură experimentală și majoritatea resurselor umane (cât de benefică a fost ideea Ministrului Palade!), iar **orientarea tematică** spre un domeniu de perspectivă i-a facilitat succesul în cooperarea europeană” (cel mai performant INCD din România, conform „Raportului pentru inovare” al Comisiei Europene, 10 iunie 2011).

4.3.2. Tematica de micro-nanotehnologii în programele naționale de cercetare–dezvoltare (1993–2014), corelată cu cercetarea din UE

Urmare a unei analize întreprinse în februarie 1992¹¹⁴, Colegiul Consultativ pentru Cercetare–Dezvoltare (înființat în ianuarie 1991) a introdus *domeniul de „microtehnologii”* în planul național de cercetare începând din anul 1993 (tehnologiile de microsistem au apărut în programele Comisiei Europene din 1994). O HG din 23 iulie 1993 consfințește apariția **Institutului de Microtehnologie (IMT)**, primul cu acest profil din estul Europei. De finanțarea în domeniul de microtehnologii a beneficiat nu numai IMT, ci și ICCE și alte organizații, inclusiv firme.

Domeniul de *microtehnologii* a fost specificat și în Programul național de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică Orizont 2000 (HG 1095/1995)¹¹⁵. A urmat

¹¹⁴ La acea dată exista deja Centrul de Microtehnologie (CMT), înființat în septembrie 1991, care demarase tratative cu Microelectronica S.A., în ideea de a folosi linia de fabricație CMOS pentru realizarea de micro sisteme. Coordonarea efectivă a activității liniei tehnologice a fost posibilă abia din aprilie 1993.

¹¹⁵ Această continuitate în finanțare a fost esențială pentru nou-înființatul Institut Național de Cercetare–Dezvoltare (INCD) pentru Microtehnologie (IMT București), apărut în noiembrie 1996 prin fuziunea dintre IMT și ICCE. Atât denumirea, cât și obiectul de activitate al noului Institut Național au fost legate de microtehnologii (tehnologii de microsistem, în terminologia Comisiei Europene) și așa a rămas până în momentul de față, cu unele dezvoltări în direcția „nano”, sau „bio” (exact ce s-a petrecut și pe plan european). A existat o continuitate a preocupărilor din ICCE legate de dispozitivele de microunde și cele optoelectronice, dar și aici noile materiale și tehnologii și-au spus cuvântul.

o extindere a „Orizont 2000” pentru perioada 2001–2006, domeniul regăsindu-se sub denumirea de „micro- și nanotehnologii”. Apoi a fost lansat programul de „Materiale noi, micro și nanotehnologii” MATNANTECH (2001–2006), gestionat de către Universitatea „Politehnica” din București în cadrul primului Plan Național de Cercetare–Dezvoltare (PNCDI). Între timp, România a căpătat acces direct la Programul Cadru 6 (2003–2006) al UE, cu o tematică deja familiară pentru IMT („tehnologii de microsistem” sau „microtehnologii”) și IMT a obținut finanțare europeană în numeroase proiecte (detalii mai jos).

Finanțarea cercetării din România a devenit mai generoasă începând cu anul 2005, când a intrat în funcțiune și programul de cercetare de excelență (CEEX) pe tematicile generale anunțate pentru Programul Cadru 7 al UE (PC7). Din nou, IMT era „pe val”, personalul său fiind familiarizat cu tematica europeană.

Tematica de „micro- și nanotehnologii” s-a regăsit sub o formă exhaustivă în a doua ediție a Planului Național (PNCDI II, 2008–2014), fiind strâns corelată cu cea care apărea în PC7 (anunțată cu mult timp înainte). Această tematică reflectă tendința de „convergență a tehnologiilor” (micro-nano-bio), materializată de pildă prin direcția de cercetare „nanomedicină”, care a fost consolidată printr-o platforma tehnologică europeană (ETPN = European Technological Platform for Nanomedicine), existentă și astăzi. Această tematică corespundea unuia din cele 7 subdomenii ale priorității „Tehnologia Informației și a Comunicațiilor” din PNCD II, dar s-a dovedit deosebit de atractivă pentru un număr mare de organizații, care au câștigat la competițiile anuale o treime sau chiar mai mult din fondurile rezervate acestei priorități.

Finanțarea neîntreruptă timp de două decenii (1993–2013) din programele CD pe plan național **pe tematica microtehnologii sau micro-nanotehnologii** (tematică corelată cu cea europeană) a fost de importanță vitală pentru dezvoltarea în țară a domeniului și în particular pentru evoluția IMT, care duce mai departe ștafeta microelectronicii în acest subdomeniu al tehnologiilor de microsistem.

Orientarea strategică a institutului național în primii săi 20 de ani de activitate s-a bazat pe **corelarea cu cercetarea europeană**¹¹⁶ și urmând **evoluția** acesteia prin trecerea de la microtehnologii la micro-nanotehnologii și micro-nano-biotehnologii,

¹¹⁶ Într-un articol pe care l-am publicat în Market Watch (Dan Dascălu „Strategia CDI a României și a INCD – Microtehnologie (IMT)”, Market Watch, Numărul 90, noiembrie 2006) treceam în revistă succint situația din sistemul național CDI și insistam asupra politicii IMT, la 10 ani de la transformarea acestuia în institut național. Orientările principale sunt descrise succint mai jos și ele s-au păstrat și în deceniul următor. **O primă orientare strategică** a institutului în primii zece ani de activitate a fost aceea legată de tematică, trecând de la microtehnologii la micro-nano-biotehnologii și mergând pe linia convergenței tehnologiilor, deja anunțată pentru Programul Cadru 7 (2007–2013) al UE. Această orientare se reflectă deja în activitatea laboratoarelor din institut, dar și în activitatea rețelelor științifice coordonate de IMT (proiecte MATNANTECH și CEEX). Am menționat faptul că orientarea tematică corelată cu cea de pe plan european a fost decisivă în asigurarea unor avantaje ale IMT în participarea la programele europene, dar și la programul de cercetare de excelență (CEEX). **O a doua acțiune strategică** menționată în articol era cea legată de consolidarea bazei materiale, pe linia micro- și nanofabricației, în facilități tip „cameră albă” (cameră curată), în strânsă legătură cu orientarea tematică. În fine, **o a treia orientare** era legată de valorificarea cercetării, prin crearea unor infrastructuri de transfer de tehnologie și inovare (Centrul de transfer tehnologic și inovare CTT-Băneasa și Parcul științific și tehnologic MINATECH-RO). *Notă.* Remarcăm contribuția dr. ing. Ileana Cernica la înființarea Parcului și a ing. Ionica Mireșteanu la funcționarea CTT-Băneasa.

pentru ca în ultimii ani să pună accent pe tehnologiile generice esențiale (care includ *micro-nanoelectronica, micro-nanofotonica, nanotehnologia, materialele avansate*).

4.3.3. Performanță în microsisteme: primul centru de excelență finanțat de UE (2008)

Centrul European de Excelență, finanțat de către Comisia Europeană în intervalul 2008–2011, este emblematic pentru succesul IMT în cooperarea europeană. Acest centru grupează două laboratoare cu tradiție care provin din ICCE, cel de „dispozitive de microunde” condus de către dr. fiz. Al. Müller (v. secțiunea 4.5.10) și cel de „fotonică” (anterior – optoelectronică) condus de către dr. ing. Dana Cristea. Cele două laboratoare au propus proiectul **MIMOMEMS** (acronimul pentru **Micro-Electro-Mechanical Systems for Advanced Communication Systems and Sensors**). Istoria apariției acestui centru de excelență (primul din România după aderarea la UE) este expusă într-un articol¹¹⁷ din care cităm:

Market Watch: „Centru de excelență european”. „Institutul Național de Cercetare–Dezvoltare pentru Microtehnologie (IMT-București) (www.imt.ro), înființat în 1993, a fost prima organizație de cercetare–dezvoltare în domeniul microtehnologiilor înființată în Europa de Est. IMT-București a fost și este implicat în aproximativ 20 de proiecte europene în cadrul programelor europene FP6 și FP7. Pe plan național, IMT-București este coordonator al unor rețele tehnologice (proiecte CEEEX) și a creat (în colaborare cu UPB) un Parc Științific și Tehnologic în domeniul micro și nanotehnologiilor, MINATECH-RO (www.minatech.ro). La prima competiție din anul 2007, la programul «Potențial Regional» din cadrul programului cadru european FP 7, IMT-București a câștigat un proiect care urma să dezvolte un Centru de Excelență European în domeniul microundelor, undelor milimetrice și dispozitivelor optoelectronice bazate pe tehnologiile de tip MEMS. Proiectul «European Centre of Excellence în Microwave, Millimetre Wave and Optical Devices, based on Micro-Electro-Mechanical Systems for Advanced Communication Systems and Sensors» (acronim MIMOMEMS) (2008–2011) a fost câștigat în cadrul unei competiții internaționale evaluate de Comisia Europeană, fiind singurul proiect românesc câștigător la competiția respectivă. Rata de acceptare a fost de cca 15% ...

Echipa implicată în acest proiect este formată din cercetători cu experiență în cadrul proiectelor naționale și internaționale. Coordonatorul acestei echipe este dr. Alexandru Müller ... Laboratoarele RF-MEMS și Microfotonică din IMT București au fost și sunt implicate în mai multe proiecte europene și depun un efort comun pentru realizarea acestui centru de excelență. Activitățile de cercetare ale celor două laboratoare din IMT București au fost dezvoltate în ultimii ani prin intermediul unei cooperări strânse cu anumiți parteneri internaționali. Cele mai importante parteneriate sunt cu FORTH-IESL-MRG (Grecia), LAAS-CNRS Toulouse (Franța), VTT Helsinki (Finlanda), Universitatea Tor Vergata Roma (Italia), ITC Trento (Italia), Universitatea Tehnică Darmstadt (Germania), Universitatea din Atena (Grecia), Universitatea Cambridge (Marea Britanie), Institutul Fraunhofer pentru Telecomunicații-

¹¹⁷ Alexandru Batali „Centru de Excelență Europeană în cadrul unui institut de micro- și nanotehnologii (IMT București)”, Market Watch, nr. 107, iulie 2008.

Heinrich-Hertz, Berlin (Germania), IMT-FZK Karlsruhe (Germania), Institutul Carl&Emily Fuchs (CEFIM) aparținând Universității Pretoria, Africa de Sud. Aceste cooperări au fost finanțate prin proiecte ale CE, precum și prin acorduri bilaterale. Scopul a fost acela de a realiza circuite microprelucrate (pentru aplicații în domeniul comunicațiilor) și în vederea caracterizării prin măsurători ale circuitelor de unde milimetrice și fotonice.

Laboratorul RF-MEMS a fost coordonatorul proiectului european din FP4 intitulat „Micromachined Circuits for Microwave and Millimetre Wave Applications” (MEMSWAVE, 1998–2001, FP4-INCO-COPERNICUS). Proiectul MEMSWAVE a fost nominalizat în 2002 în topul celor 10 proiecte europene pentru Premiul Descartes (care se acordă anual pentru cel mai bun proiect de cercetare realizat prin cooperare europeană). Acest laborator a fost un partener-cheie în Rețeaua de Excelență „Advanced MEMS for RF and Millimetre Wave Communications” – AMICOM (2004–2007) proiect finanțat de programul cadru FP 6, de asemenea este implicat în programului cadru FP 7 în proiectul de cercetare (STREP) „MEMS 4 MMIC” (2008–2011) competiție ICT-2007-2.

Laboratorul de Microfonică (condus de dr. Dana Cristea) a participat de asemenea la câteva proiecte din cadrul programului cadru FP6: rețeaua de excelență 4M (Multi-Material Micro Manufacture: Technologies and Applications); NoE, FP6-NMP; WAPITI, STREP, 2004–2007, FP6-IST; ASSEMIC, Marie Curie Research Training Network (FP6- IST), și acum este implicat în programul cadru FP 7 prin proiectul integrat FlexPAET (2008–2010), competiție NMP-2007-1. Laboratorul de Microfonică a obținut numeroase rezultate în domeniul componentelor fotonice.

Laboratorul dr. Al. Müller a fost implicat și în laboratorul organizat în IMT (2003–2004) de firma Samsung, dar și în numeroase proiecte din PC7 și ENIAC JU. Menționăm implicarea aceluiași colectiv în Laboratorul European Asociat (LEA) dedicat micro-nanosistemelor inteligente. Denumirea exactă a acestui LEA este „*Smart MEMS/NEMS for Advanced Communication and Systems*” și la el au participat în afară de IMT, LAAS-CNRS, Toulouse (Franța) și FORTH, Heraklion (Grecia).

Evoluția laboratorului numit tradițional „de microunde” și provenit din ICCE¹¹⁸ este un titlu de mândrie pentru IMT. Cităm din prezentarea laboratorului (cf. **SRMN 2018**, volum menționat anterior):

¹¹⁸ După anul 1989 lucrurile s-au schimbat; nu a mai fost nevoie de circuite avansate pentru microunde pentru că au putut fi ușor importate la prețuri mai mici decât costurile unei cercetări pentru realizarea lor. Filozofia cercetării s-a schimbat. Ideea de a fabrica un dispozitiv după un model de referință produs de un lider mondial în domeniu (model valabil în societatea comunistă românească), nu mai era de interes. Deși, incontestabil, reproducerea parametrilor electrici ai unui dispozitiv (nou pe plan mondial) putea crea numeroase soluții noi și inovative de realizare, cu posibilitatea de punere în evidență a unor fenomene noi (dovadă și lucrările publicate în acea perioadă), totuși în optica unei societăți deschise, spre care ne îndreptăm, nu se finanțează un lucru deja realizat doar pentru a nu-l importa ... La sfârșitul secolului 20, cercetarea academică de dispozitive trebuia să abordeze idei inovative pentru aplicații de nișă. **Trebuiau găsite domenii în care este posibil să fii într-adevăr printre primii în lume** (subl. ns.), cu posibilitatea de a obține rezultate la nivelul stării artei în domeniu și eventual de a le depăși (cf. **SRMN 2018**).

„La mijlocul anilor '90 la Universitatea Ann Arbor din Michigan grupul condus de Linda Katehi și Gabriel Rebeiz publica pentru prima dată rezultate privind circuite pasive pentru unde milimetrice având ca suport membrane dielectrice formate din sandwichul $\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$, de grosime de 1,5 micrometri. Aceasta tehnologie foarte spectaculoasă a făcut posibilă reducerea substanțială a pierderilor la circuitele pasive pentru unde milimetrice. Laboratorul din IMT a reușit realizarea unor circuite similare, primele astfel de circuite în Europa și publicarea rapidă a rezultatelor în 1997. În aceeași abordare a fost trimis un proiect European având grupul din IMT coordonator și parteneri FORTH Heraklion, Uppsala Univ., CNR Roma, Univ Tor Vergata Roma, ICT Trento, HAS MFA Budapesta, ISP și Microsensor Kiev, care și-a propus dezvoltarea unor circuite de microunde atât pe membrane obținute prin microprelucrarea siliciului dar și utilizarea ca suport, în premieră mondială a membranelor de GaAs. Proiectul FP4 MEMSWAVE (1998–2001) a câștigat și a fost primul proiect în domeniul IST coordonat de o țară est-europeană. S-au realizat filtre pentru unde milimetrice dar și circuite receptoare directe (de tip video) pentru 38 și 77 GHz. În cazul receptoarelor pe membrane cu GaAs antena a fost integrată monolitic cu o dioda Schottky fără substrat având ca suport aceeași membrană subțire de 2 μm pe care este poziționată antena. Proiectul a avut un succes deosebit, fiind nominalizat în 2002 între cei 10 finaliști pentru premiul Descartes, acordat pentru cel mai bun proiect de colaborare în cercetare finanțat de UE. O contribuție importantă la succesul acestui proiect au avut cercetătorii A. Müller, D. Neculoiu, D. Vasilache, S. Iordănescu, I. Petrini.

Succesul proiectului MEMSWAVE a contribuit la vizibilitatea colectivului din IMT și invitarea acestuia de a participa la propunerea (câștigătoare) a rețelei de excelență europene (NoE FP6) în RF MEMS, AMICOM (2003–2007) coordonată de LAAS CNRS Toulouse. Un alt succes l-a constituit câștigarea proiectului European FP7 MIMOMEMS „European Centre of Excellence in Microwave, Millimetre Wave and Optical Devices, based on Micro-Electro-Mechanical Systems for Advanced Communication Systems and Sensors” din cadrul call-ului REGPOT-2007-1-01. Din valoarea de cca. 1 000 000 EUR a proiectului jumătate a fost utilizat la dotarea laboratorului. În afară de suportul pentru activitățile științifice, acest proiect, împreună cu alte două proiecte naționale (SIMCA – Capacități și Microlab – Modul 4) a asigurat infrastructura actuală competitivă a laboratorului, care include echipamente complexe de caracterizare până la 110 GHz a circuitelor; un sistem de măsurare a parametrilor S pe plachetă până la 40 GHz, în domeniul de temperatură 6 K-500 K etc. Astăzi dotarea laboratorului este competitivă în comparație cu orice alt laborator de microunde din lume care lucrează în domeniul 0.1–110 GHz. Mai mult, criostatul cu posibilitatea de a măsura parametrii S până la 67 GHz la temperaturi până la 5–6 K reprezintă o atracție deosebită pentru mulți colaboratori externi.

Laboratorul a fost partener în două proiecte integrate FP7 IP SMARTPOWER (2011–2016 – responsabil IMT, A. Müller) și NANOTEC (2011–2015, responsabil IMT, D. Neculoiu) două proiecte STREP MEMS-4-MMIC (2008–2012 responsabil IMT, D. Neculoiu) și NANO RF (2012–2016 responsabil IMT, M. Dragoman),

trei proiecte ENIAC: **SE2A** (call 2008), **MERCURE** (call 2009) și **NANOCOM** (call 2010) și două proiecte ESA.

Activitatea științifică a laboratorului în ultimii ani s-a concentrat pe dezvoltarea dispozitivelor de tip SAW pe GaN/Si cu frecvențe de operare în domeniul GHz-ilor. Este un domeniu nou puțin explorat cu aplicații potențiale foarte mari în domeniul comunicațiilor și al senzorilor. Există puține grupuri care au abordat această tematică. Grupul din IMT a publicat numeroase lucrări în reviste de prestigiu; în 2016 membri ai grupului nostru au fost invitați la Ann Arbor University să țină un seminar legat de realizările în acest domeniu. În proiectul FP7 SMARTPOWER, IMT a realizat un senzor de temperatură pe bază de rezonator SAW pe GaN/Si cu frecvența de operare mai mare de 5 GHz.

În ultimii ani, Mircea Dragoman, membru al laboratorului a inițiat o extrem de intensă și fructuoasă activitate legată de realizarea de dispozitive de microunde pe nanotuburi de carbon și grafene, precum și analiza fenomenelor fizice în aceste noi materiale. Activitatea s-a concretizat în numeroase lucrări științifice publicate în reviste deosebit de prestigioase, cărți publicate în edituri precum Elsevier, în proiecte naționale din competiții diverse, precum și într-un proiect European câștigat (NANO-RF). Mircea Dragoman conduce și un colectiv de tineri din cadrul noului centru CENASIC al IMT în tematici legate de graphene și de nanotuburi de carbon.

În prezent, în laborator sunt numeroși tineri extrem de activi în activitățile de cercetare ale laboratorului. Remarcăm pe: Alexandra Ștefănescu, Alina Bunea, Ioana Giangu, Martino Aldrigo. Din anul 2016 avem printre noi o fost bursieră Fullbright, Gina Adam, actualmente beneficiară a unui fellowship H2020 Marie Skłodowska-Curie câștigat prin competiție – proiect SelectX – Crossbar of Microelectromechanical Selectors and Non-Volatile Memory Devices for Neuromorphic Computing.

Printre planurile de viitor ale laboratorului se numără și abordarea tematicii „quantum computing” în colaborare cu Sorin Voinigescu (există o propunere la ultima competiție FET H2020, în curs de evaluare).”

4.3.4. Primul laborator de nanotehnologie (1996) afiliat la Academia Română (2002)

În organigrama INCD-Microtehnologie abia înființat (1996) a apărut „Laboratorul de nanotehnologie”, o premieră – se pare – pentru România. El a fost condus de o chimistă, Irina Klepș, a cărei activitate este sintetizată în nota biografică din secțiunea 4.5.5. În 2010, la pensionarea Irinei Klepș, ștabela a fost preluată de către dr. Mihaela Kusko (secțiunea 4.5.6). Odată cu Laboratorul de nanotehnologie (din 2010 nanobiotehnologie), IMT București a mai derulat un exercițiu de preluare a unor resurse umane valoroase și potențarea acestora într-o direcție de perspectivă. În 2002 acest laborator din IMT a obținut egida Academiei Române sub eticheta de „Centru de Nanotehnologii” (CNT). Este vorba de o supervizare strict științifică (nu și administrativă), care a asigurat un plus de vizibilitate, participarea la programul de schimburi interacademice, posibilitatea de a organiza în numele IMT

evenimente (de exemplu, Seminarul Național de Nanoștiință și Nanotehnologie) sub auspiciile Academiei Române.

Începând din ianuarie 2009, Centrul de Nanotehnologii apare ca atare în organigrama institutului (CNT-IMT) și cuprinde *trei laboratoare*: Laboratorul de nanobiotehnologie (dr. fiz. Mihaela Kusko, după pensionarea d-nei Irina Klepș), Laboratorul de structurare și caracterizare la scară „nano” (dr. fiz. Adrian Dinescu, secțiunea 4.5.3) și Laboratorul de nanotehnologie moleculară (dr. ing. Radu Popa). Cercetătorii din CNT-IMT gestionează numeroase „Laboratoare experimentale” din zona „curată” a halei tehnologice, fiind implicați și în activitatea noii facilități experimentale CENASIC (a se vedea mai departe). Colectivul multidisciplinar al centrului este implicat în cercetarea legată de materiale și dispozitive, vizând domeniul bio-medical, dar și electronica și fotonica. La data înființării centrului de mai sus resursele umane și materiale ale celor trei laboratoare erau deja destul de consistente. Un tur virtual al laboratoarelor experimentale ale acestui „Centru de nanotehnologii”, odată cu acad. Ionel Haiduc, președintele Academiei Române, este descris într-un articol din Market Watch¹¹⁹, din care am extras pasajul de mai jos.



Vizita în Centrul de Nanotehnologii din IMT a președintelui Academiei Române (martie 2009).

Vizita președintelui Academiei Române, academician Ionel Haiduc. La data de 12 martie 2009, președintele Academiei Române a vizitat «Centrul de nanotehnologii» din IMT, la invitația Directorului general al Institutului, academician Dan Dascălu. acad. Ionel Haiduc, președintele Academiei Române a fost însoțit în vizita sa de acad. Dan Dascălu și de dr. Irina Klepș, șefa Centrului. Una dintre dotările cele mai impresionante ale «centrului» este Stația de nanoinginerie. Echipamentul e_LiNE, Raith (nanoengineering workstation), unic nu numai în România, dar în întreaga

¹¹⁹ Dan Dascălu „Centrul de nanotehnologii din IMT funcționează sub egida Academiei Române”, Market Watch, nr. 113, martie 2009.

zonă din estul Europei este prezentat de dr. fiz. Adrian Dinescu, șeful de laborator. Echipamentul permite structurarea la scară nanometrică prin litografie cu fascicul de electroni, dar și prin depunere și corodare induse cu fascicul de electroni. Printre cercetările întreprinse aici se numără realizarea de nanostructuri SAW (Surface Acoustic Wave), și BAW (Bulk Acoustic Wave) care lucrează la frecvențe extrem de înalte (prin mărirea frecvenței de lucru și materialele folosite, aceste structuri reprezintă premiere mondiale). Alte cercetări sunt legate de nanodispozitive pentru aplicații biomedicale, respectiv cristale fotonice și elemente optice de difracție. Colaborările internaționale au loc cu LAAS/CNRS, Toulouse (Franța), Chalmers University of Technology (Suedia), IESL-FORTH, Heraklion (Grecia), UCL, Louvain (Belgia).”

4.3.5. Prima „facilitate deschisă” de micro- și nanofabricație din estul Europei (2009)

Crearea și organizarea noii infrastructuri de cercetare reprezintă o altă **realizare majoră a institutului**. Modelul de organizare a fost cel văzut de autor în 2004 în Statele Unite, la Cornell University, Ithaca, N.Y. Este vorba de nucleul primei rețele de nanotehnologie organizate în S.U.A., ca urmare a Inițiativei Naționale de Nanotehnologie (2000). Am reținut caracterul „deschis” al acestei infrastructuri, cu accesul cercetătorilor din alte centre, accesul firmelor, activitățile educative și cele de diseminare, inclusiv accesul ocazional al elevilor! Acest *model* a fost utilizat ulterior și în Europa, iar IMT a inaugurat un astfel de centru „deschis” în 2009 (a se vedea mai jos). Implementarea *modelului* a fost urmărit cu perseverență, pe măsură ce infrastructura IMT căpăta contur. Încă din 2006 semnalăm¹²⁰ *aparitia în IMT a unor prime echipamente performante și a unei camere albe* (investiții din proiecte finanțate din programul de cercetare de excelență CEEEX și din cel dedicat infrastructurilor de transfer de tehnologie și inovare INFRATECH). De remarcat două particularități: *a) utilizarea conceptului de „servicii științifice și tehnologice”*¹²¹ și *b) utilizarea de echipamente în comun în cadrul unei rețele de organizații de cercetare*.

La data de 8 mai 2009 a avut loc, la Reprezentanța României de pe lângă Uniunea Europeană (de la Bruxelles), **lansarea „internațională” a centrului IMT-MINAFAB**. Evenimentul, organizat cu concursul Oficiului Român pentru Știință și Tehnologie (ROST), reprezentanță a ANCS la Bruxelles, a avut o participare de excepție. Au mai avut prezentări, în afară de IMT, Institutul de Chimie Macromoleculară „Petru Poni” al Academiei Române, de la Iași (prin acad. Bogdan C. Simionescu, în prezent vicepreședinte al Academiei) și firma Infineon Technologies România

¹²⁰ „Evoluții în serviciile științifice și tehnologice oferite de INCD-Microtehnologie (IMT)”, Market Watch, numărul 84, aprilie 2006.

¹²¹ Servicii științifice și tehnologice în 2006? Acest deziderat a devenit prioritatea anului ... 2015 în România, prin proiectul ERRIS (www.erris.gov.ro), care a permis UEFISCDI să creeze o *bază de date cu echipamentele/aparatele din zeci de infrastructuri de cercetare și cu declararea potențialelor servicii care ar putea fi asigurate* cu ajutorul acestora. Totodată a început să se vorbească și de rețele de infrastructuri, dar instrumentul de finanțare al acestora nu mai exista la aceasta dată.

(București). Tematica comunicării IMT¹²², intitulată „*IMT-MINAFAB: un Centru de micro- și nanotehnologie deschis către industrie*” (Dan Dascălu), a fost reluată și de către IMEC (Leuven, Belgia), cel mai mare centru independent de cercetări în micro și nanoelectronică din Europa. Au participat și au avut intervenții reprezentanți de marcă ai Comisiei Europene. Au asistat specialiști din diverse țări, mobilizați de reprezentanțele naționale la Bruxelles. Lista vorbitorilor a inclus și pe: Mr. Louis Bellemin, honorary director of the European Commission; prof. Alain Pompidou, President of the French Academy of Technologies, former President of the European Patent Office; dr. Renzo Tomellini, Head of Unit „Value-added materials”, European Commission, DG RTD, Directorate G „Industrial technologies”, dr. Francisco Ibanez, Deputy Head of Unit „Micro-and nanosystems ICT Programme”, European Commission, DG INFSO, Directorate G „Components and Systems”.

De fapt, cum funcționa IMT-MINAFAB? Un articol recent¹²³ prezintă **o sinteză a modului de organizare a infrastructurii din IMT**. Articolul ilustrează, pe de altă parte, cercetarea multidisciplinară din institut în contextul unor proiecte internaționale (a se vedea secțiunea 4.3.9). Într-adevăr, organizarea IMT-MINAFAB cu concentrarea principalelor dotări obținute de laboratoarele CD în spații comune, care asigură condiții optime de funcționare, a facilitat mai întâi cooperarea între cercetători de formație diferită, proveniți din laboratoare diferite. Centrul MINAFAB, a oferit astfel mai întâi „servicii” cercetătorilor din interior. O particularitate a centrului este și aceea că *majoritatea echipamentelor sunt gestionate de către cercetători cu experiență, care pot oferi mai mult decât simpla execuție unor procese tehnologice sau măsurători standard* (secțiunea 4.3.6). Serviciile către beneficiari din afara institutului au o pondere relativ redusă, fără a constitui o frână în desfășurarea cercetărilor din institut. Pentru beneficiarii din industrie este important faptul că IMT-MINAFAB a implementat proceduri de calitate (acreditare ISO 9001, cu o firmă din Germania). *La infrastructura existentă s-a adăugat la sfârșitul anului 2015 cea a noului centru de cercetare CENASIC* (secțiunea 4.3.7) iar **obiectivul strategic este acela de a oferi o platformă experimentală pentru integrarea unor tehnologii generice esențiale (TGE)**, v. secțiunea 4.3.2, obiectiv care va fi ilustrat ulterior de implementarea TGE-PLAT, un proiect de 3 milioane de euro, finanțat din programul de fonduri structurale (secțiunea 4.3.8).

Informații recente despre IMT-MINAFAB se găsesc în platforma de comunicare ERRIS (Engage in the Romanian Research Infrastructures System), realizată de UEFISCI la adresa <https://erris.gov.ro>. Serviciile oferite de către Institutul de Microtehnologie pot fi găsite căutând după denumirea institutului (IMT Bucharest). Este interesant că ideea de servicii oferite de infrastructura de cercetare cu care

¹²² Mesajul comunicării prezentate de IMT la seminarul de la Bruxelles este conținut în titlu (IMT-MINAFAB as a micro- and nanotechnology centre open to industry): institutul oferă un sistem de servicii științifice și tehnologice deschis colaborării cu industria (dar și cu universitățile și cu alte centre de cercetare). Această abordare este prezentată public pe pagina de web www.imt.ro/MINAFAB.

¹²³ Dan Dascălu, Raluca Müller, Rodica Voicu, Andrei Avram, Alexandru Müller, Ioana Giangu, Mihaela Kusko, *Infrastructura de cercetare a IMT – o platformă de interacțiune și parteneriat*, Market Watch, numărul 18, noiembrie–decembrie 2015.

IMT a făcut pionerat pe plan național, a fost acum generalizată de către UEFISCDI la întregul sistem de cercetare din România¹²⁴.

4.3.6. Laboratoarele de cercetare multidisciplinară din IMT

adaptat după Raluca Müller¹²⁵

Preambul. O particularitate a cercetării în domeniu este caracterul ei multidisciplinar. Remarcăm mai întâi formarea multidisciplinară a unor cercetători care au fost angajați în IMT după ce si-au obținut *doctoratul în străinătate*¹²⁶. Pe de altă parte, în perioada 2011–2017, *cercetătorii angajați în IMT au finalizat 19 teze de doctorat* în domeniul electronicii, microelectronicii, telecomunicațiilor, optoelectronicii, la care se adaugă teze din domeniul chimiei, nanotehnologiei, științei materialelor sau al matematicii¹²⁷.

În fine, în aceeași ordine de idei menționăm derularea proiectului cu *finanțare din fonduri structurale* a studiilor postdoctorale în micro-și nanotehnologii. Acest proiect (coordonat de către acad. Dan Dascălu, cu contribuția pe parte executivă a dr. Corneliu Trișcă-Rusu) a fost gestionat de IMT, în colaborare cu Institutul Național pentru Materie Condensată din Timișoara. Cea mai mare parte a finanțării a fost asigurată de către Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane (POSDRU). Mentorii (îndrumătorii) activității de cercetare au fost profesori universitari din București și Timișoara¹²⁸. În cadrul

¹²⁴ Dan Dascălu, *Infrastructuri experimentale în unitățile de cercetare. Cât de profitabile sunt investițiile în această direcție?*, Market Watch, Nr. 179 (octombrie–noiembrie 2015), 28 octombrie 2015.

¹²⁵ Cap. 6, în **SRMN 2018**.

¹²⁶ Un număr de cercetători din IMT au doctoratul obținut în străinătate. De exemplu: Cristian Kusko: doctor în Fizică la Northeastern University, Boston; Cristina Pachi: doctor în Fizică, University of Le Havre, France, 2007. Majoritatea s-au angajat în perioada 2009–2011, când Institutul și-a reînnoit aproape complet infrastructura experimentală. Este vorba de Radu Cristian Popa: doctor în Inginerie Cuantică și Știința Sistemelor, University of Tokyo, Japan, 1998 (angajat în 2007, șef de laborator și director); Antonio Marian Rădoi: doctor în Chimie, Tor Vergata University of Rome, Italy, 2007 (angajat în 2009); Emil-Mihai Pavelescu: doctor în Tehnologie, Universitatea Tehologică din Tampere, Finlanda, 2004 (angajat în 2009); Titus Sandu: doctor în Fizică, Texas A&M University, USA, 2002 (angajat în 2010); Mihaela Carp: doctor în Inginerie, Nanyang Technological University, Singapore, 2008 (angajată în 2010); Lucia Monica Veca: doctor în Chimie, Clemson University, USA, 2009 (angajată în 2010); Victor Leca: doctor în Știința Materialelor, Univ. Twente, Olanda, 2003 (angajat în 2011, a părăsit ulterior IMT pentru ELI-NP); Octavian Ligor: doctor în Științe (fizică), National Institute of Applied Sciences of Lyon, France, 2010 (angajat în 2011).

¹²⁷ Majoritatea tezelor (11) au fost susținute în Școala doctorală a Facultății ETTI din UPB (a se vedea secțiunea 2.3), de către 7 absolvenți ai aceleiași facultăți și 4 absolvenți ai altor facultăți din București și din țară, în general pe profil fizică. Alte 8 teze de doctorat au fost obținute la: Universitatea București, Facultatea de Fizică, UPB–Chimie, UPB Electrotehnică, Universitatea Transilvania Brașov, UB Facultatea de Chimie, UB Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea Bologna, Italia. Ca urmare a finalizării acestor doctorate, în aceeași perioadă ponderea celor cu titlul de doctor a crescut de la 32% la 50% din total personal cu studii superioare, al cărui număr s-a păstrat relativ constant.

¹²⁸ Dan Dascălu *IMT a demarat proiectul de studii postdoctorale în micro- și nanotehnologii*, Market Watch, Nr. 128, septembrie 2010 (18 septembrie 2010).

proiectului menționat au fost selectați 35 de bursieri, care proveneau din IMT (circa jumătate), din alte institute de cercetare și din universități. Formația de bază a studenților postdoc (cu doctoratul obținut în ultimii 10 ani, în țară sau în străinătate) a fost cel mai adesea *fizică* (19 persoane), dar alții proveneau din *chimie* (8), din *inginerie* (7) și chiar din *matematică* (1). Interesantă a fost repartizarea bursierilor pe subdomenii de lucru: micro-nano-sisteme pentru aplicații biomedicale (10 bursieri); senzori, microtraductori inteligenți pentru aplicații în energie, mediu și agricultură (5); micro-nanosisteme opto-electro-mecanice (4); microsisteme electromecanice de radio-frecvență (4); depuneri stratice subțiri pentru micro-nanosisteme (12). De menționat și colaborarea foarte bună cu INCD-Fizica Laserilor, Plasmei și Radiațiilor și respectiv Institutul de Chimie Fizică „I.G. Murgulescu” al Academiei Române care au susținut (alături de IMT) activitatea experimentală a bursierilor¹²⁹.

În cele ce urmează vom face o succintă trecere în revistă a laboratoarelor CD din institut, care scoate în evidență cât de variate sunt competențele cercetătorilor, dar și cât de diverse sunt domeniile de aplicare ale rezultatelor cercetării¹³⁰. În IMT București există **4 centre**, care grupează **10 laboratoare de cercetare–dezvoltare (CD)**.

Centrul de cercetare de excelență „Micro și nanosisteme pentru radiofrecvență și fonică” (MIMOMEMS), coordonat de dr. Alexandru Müller, este compus din 2 laboratoare de cercetare–dezvoltare (L3 și L4).

Primul laborator este cel intitulat **Micro- și nanofonică** (L3) și este condus de către dr. ing. Dana Cristea¹³¹. Principalele *competențe* ale laboratorului sunt legate de: realizare de dispozitive optoelectronice; optică integrată, senzori cu detecție optică; modelare, simulare și CAD pentru structuri micro și nano-fotonice; noi materiale (oxizi semiconductori transparenți, nanocompozite hibride cu proprietăți optice controlate, puncte cuantice, grafenă); dezvoltare de dispozitive fotonice; componente micro-nanofotonice pentru senzori (structuri plasmonice, DOE, componente microoptice; caracterizări optice și electronice pentru materiale și dispozitive (spectrometrie Raman). Realizările recente sunt legate în special de *subdomeniul de specializare inteligentă „securitate”*, prin colaborare cu firme românești (Optoelectronica 2001 SA): comunicații optice securizate de mare

¹²⁹ *Domeniul micro-nanotehnologiilor, susținut prin finalizarea cu succes a unui proiect de studii postdoctorale*, Market Watch, Nr. 154, aprilie–mai 2013 (30 aprilie 2013).

¹³⁰ Este vorba de un rezumat al prezentării făcute de dr. ing. Raluca Müller, directorul științific al IMT în cap. 6 al volumului *Școala românească ...*, citat anterior. În cele ce urmează se prezintă pe scurt activitatea, conform rapoartelor de cercetare din perioada 2011–2016. Rapoartele anuale în limba română și (cu o structură diferită) în limba engleză sunt accesibile pe site-ul www.imt.ro.

¹³¹ Dr. ing. Dana Cristea a absolvit, în 1982, Facultatea de Electronică a IPB. Are doctoratul în Optoelectronică și Materiale pentru Electronică (1998, UPB). Este directorul Programului Nucleu al IMT (din 2016). A fost (2002–2008) director Științific al IMT. Activitate științifică în dispozitive optoelectronice, circuite integrate fotonice, optical-MEMS, tehnologii de integrare pentru micro-optică. Autor/coautor a peste 100 de lucrări publicate în jurnale științifice sau susținute la conferințe internaționale și publicate în proceedings și deține 5 patente. A coordonat peste 25 de proiecte naționale, participând ca responsabil pentru IMT pentru proiecte FP6 și FP7 (WAPITI, FlexPAET), a fost coordonator adjunct în MIMOMEMS (FP7) și participant în 4M, ASSEMIC (FP6). Este coordonator a două proiecte de transfer de tehnologie către industrie pentru dezvoltarea de dispozitive optoelectronice bazate pe QD's (Quantum Dots) și structuri nanoplasmonice.

capacitate prin spațiul liber, bazate pe holograme generate pe computer; realizarea de nanostructuri 1D și 2D pe baza de ZnO și procese tehnologice inovative pentru integrarea lor directă în senzori de gaze și detector de radiație.

L4 are denumirea *Laboratorul de Microstructuri, Dispozitive și Circuite de Microunde* și a fost prezentat în secțiunea 4.3.3. Este condus de dr. Alexandru Müller (secțiunea 4.5.10).

Centrul de nanotehnologii (CNT-IMT), sub egida Academiei Române, a fost coordonat până în 2017 de acad. Dan Dascălu. Este compus din 3 laboratoare CD (L1, L6, L9).

L1 este **Laboratorul de nanobiotehnologie** (a se vedea și secțiunea 4.3.4) și este condus dr. fiz. Mihaela Kusko (notă biografică în secțiunea 4.5.6). *Competențele* L1 sunt legate de nanomateriale și nanostructuri și integrarea lor în dispozitive complexe, nanotoxicitate (susținerea dezvoltării unor nanoproduse industriale sigure atât din punctul de vedere al sănătății, cât și al protecției mediului prin evaluarea toxicității și riscurilor asociate nanomaterialelor), dezvoltarea de metode noi de detecție pentru aplicații în (bio)medicină. Gama de aplicații este variată: dispozitive pentru aplicații în medicină (de eliberare controlată a medicamentelor pe siliciu, sisteme lab-on chip pentru diagnostic), dar și dispozitive de conversie/stocare a energiei (celule de combustie miniaturizate și celule solare electrochimice, microsupercapacitori) și senzori cu performanțe superioare pentru aplicații speciale (senzori pentru temperaturi ridicate sau senzori de gaz pe SiC utilizați în medii ostile, fotodetectori pe bază de nanofire de și pentru UV-Vis) (domeniile de specializare inteligentă „sănătate”, „eco-nanotehnologii și materiale avansate” s.a.).

Colaborări europene remarcabile: proiectul *NanoValid*¹³² (2011–2015), prin Mihaela Kusko; parteneriatul cu IMEP-INP Grenoble MINATEC (aplicații biomedicale), prin Monica Simion și Melania Banu. *Rezultate deosebite:* s-a demonstrat că un substrat pe bază de nanofire de și cu suprafața internă funcționalizată specific permite, pe de o parte utilizarea ca platformă pentru diagnosticare în tehnologia microarray conducând la discriminarea până la un singur „mismatch” a ADN-ului, cu relevanță statistică, și pe de altă parte formează cu doturile cuantice de grafenă o heterojuncțiune „core-shell” care prezintă o îmbunătățire remarcabilă a eficienței cuantice externe la valori care depășesc cu mult 100%. O altă cercetare, în domeniul carburii de siliciu SiC (colaborare cu UPB), a dus la senzori de gaze pe bază de capacitori MOS, cu timpi de răspuns buni și limite de detecție extraordinare pentru hidrogen.

L6 este **Laboratorul de Caracterizare Microfizică și Nanostructurare**, condus de dr. fiz. Miron Adrian Dinescu (secțiunea 6.5.3). L6 susține celelalte laboratoare CD prin capacități de caracterizare experimentală constând în echipamente de vârf și personal calificat în domeniul caracterizării de materiale, procesare și structurare la scara micro și nanometrică, cum ar fi tehnici bazate pe litografia cu fascicul de electroni, EBL sau caracterizare de înaltă rezoluție a suprafețelor și interfețelor prin Microscopie de baleiaj în câmp apropiat, SPM. Colaborând cu celelalte laboratoare din IMT în cadrul proiectelor naționale sau europene,

¹³² *Large-scale Integrating Collaborative Project, FP 7. Domeniul: nanosafety for health and environment.*

dr. Adrian Dinescu¹³³ a avut un rol esențial în *fabricarea a numeroase dispozitive la scară nanometrică*, de cele mai multe ori reprezentând starea artei, pentru aplicații în realizarea de structuri fotonice, structuri plasmonice, dispozitive de tip fotodetectori MSM–UV, structuri SAW pentru aplicații în microunde, fabricarea de dispozitive pe bază de grafenă folosind tehnici EBL. De asemenea laboratorul a fost implicat într-un proiect național având drept scop **Fabricarea de ținte laser din membrane subțiri de nitrură de siliciu „dopate” cu nanostructuri metalice**. Țintele urmează a fi utilizate pentru experimentări în cadrul viitoarelor infrastructuri de laseri de mare putere ELI (Extreme Light Infrastructure), în special pentru aplicații în generarea de fascicule de ioni de energie foarte înalte din interacții laser-plasma.

L9 este **Laboratorul de Nanotehnologie Moleculară**, condus de dr. ing. Radu Cristian Popa¹³⁴, a fost înființat în anul 2009, pornind de la necesitatea integrării cunoștințelor practice, analitice și numerice în domeniile chimiei și structurilor (supra)moleculare, materialelor funcționale, dinamicii moleculare și modelării/simulării atomistice. Principalele *competențe sunt* legate de cercetarea interdisciplinară și dezvoltarea de tehnologii pentru realizarea de materiale funcționale și de micro-nanosisteme. Menționăm: sinteză, dezvoltare și caracterizare de nanomateriale modificate fizic/chimic, cu proprietăți dedicate pentru aplicații în senzorială, nanoelectronică și optoelectronică: filme și mezo/micro/nanostructuri carbonice, nanocompozite, și dispozitive bazate pe acestea; celule solare, dispozitive LED, electrozi transparenți; dezvoltare și caracterizare de materiale de tip III–V și heterostructuri ale acestora cu dimensionalitate redusă, cu aplicații în celule solare; investigarea analitic-numerică a fenomenelor și mecanismelor-cheie care creează proprietăți noi și/sau oferă soluții de optimizare funcțională a nanomaterialelor dezvoltate: modelare–simulare – DFT, semi-empiric DFT, dinamica moleculară, BIE – de structură electronică, mecanisme de adsorbție chimică/fizică, spectre de absorbție/emisie optică, moduri de rezonanță plasmonică.

Centrul de cercetare pentru integrarea tehnologiilor – micro-nanobiotehnologii (CINTECH), este coordonat în prezent de director dr. Radu Cristian Popa și cuprinde 3 laboratoare (L2, L8, L10);

¹³³ A fost responsabil din partea IMT în M-ERA.NET, „*High photoconductive oxide films functionalized with GeSi nanoparticles at surface for environmental applications*”; „*Nanostructured and amorphous semiconductor films for sensors application*” – bilaterala inter-academică cu Bulgaria sau colaborări cu *Università degli Studi di Firenze – Dipartimento di Fisica e Astronomia*, sau *INFN Frascati*, Italia.

¹³⁴ Dr. Radu Cristian Popa a absolvit în 1989 Facultatea de Electronică și Tc. a IPB. Între 1995–1998 a urmat un program doctoral la Universitatea Tokyo, iar în 1998 a primit titlul de doctor în inginerie, secțiunea „inginerie cuantică și știința sistemelor”, cu o teză în domeniul testării non-destructive prin senzori bazați pe curenți turbionari a structurilor schimbătoarelor de căldură din reactoarele nucleare. Ulterior a lucrat ca senior researcher la Science Solutions Intn. Lab., Inc., Tokyo (1998–2003), unde s-a ocupat de modelare și analiză numerică a fenomenelor și dispozitivelor complexe. Între 2003–2006 a lucrat întâi ca asociat științific la departamentul de Chimie-Fizică a Universității din Tübingen/Germania și apoi ca director de dezvoltare la firma Neurostar GmbH., Tübingen, ocupându-se de proiectare și dezvoltare de soluții hardware și software pentru sisteme integrate cu aplicații în neurochirurgie funcțională (*deep brain stimulation* pentru terapie Parkinson) și în cercetare (neuroștiințe). Radu Popa lucrează la IMT București din 2007 și a fost principalul autor, alături de Sorin Melinte (secțiunea 6.3) al propunerii de proiect de investiții CENASIC (secțiunea 4.3.7).

L2 este **Laboratorul de Microsisteme pentru Aplicații Biomedicale și de Mediu** și este coordonat de către dr. ing. Carmen Aura Moldovan (secțiunea 4.5.9). *Competențele* L2 sunt legate de microsenzori (senzori chimici, biosenzori și senzori mecanici), microstructuri și microelectrozi, microprobe pentru înregistrarea activității electrice a celulelor și țesuturilor, tehnologii microfluidice și integrate (siliciu, polimeri, biomateriale), procesare de semnal, achiziție de date și interfețe grafice. A realizat platforme și sisteme integrate pentru monitorizarea alimentelor și aplicații. Enumerăm rezultate în domeniile: **Micro-Nanosenzori** – Dezvoltare de microsenzori (chemorezistivi, senzori de gaz rezonanți, accelerometre, senzori ISFET, senzori bazați pe nano-fire, electrozi pentru senzori biologici, microprobe pentru înregistrarea activității electrice a celulelor); **Module și cipuri microfluidice** – platforme microfluidice: microcanale, tuburi, conectori microfluidici, rezervoare și mini-sisteme de pompare; **Platforme de senzori, Sisteme integrate** – Platforme care integrează microsenzori cu sisteme microfluidice, cu achiziție de date, procesare de semnal și interfețe grafice, funcționând automat și autonome energetic. Remarcăm implicarea în proiecte europene¹³⁵.

L8 este **Laboratorul de Tehnologii Ambientale**, condus de dr. ing. Ileana Viorica Cernica¹³⁶. *Competențele* colectivului sunt legate de realizarea de materiale noi nanostructurate (compozite lemn-polimer cu componente de materiale nanostructurate; materiale avansate nanocompozite cu proprietăți antibacteriene, de autocurățire cu aplicații în construcții civile). S-au proiectat și realizat fluxuri tehnologice pentru senzori (dectecție pesticide; dectecția multiplă și selectivă a unor explozibili), celule solare, inclusiv pentru spațiu sau elemente optice (microlentile, oglinzi). Activitatea acestui laborator a avut ca scop îmbunătățirea condițiilor ambientale și creșterea securității individuale și sociale (inclusiv aplicații în sănătate) și pentru up-gradarea industriilor tradiționale în scopul eficientizării acestora. Aplicațiile sunt legate de prioritățile de specializare inteligentă „securitate”, „spațiu”, „eco-nanotehnologii și materiale avansate” etc.

¹³⁵ Proiect european în FP7: PARCIVAL „Partner Network for a Clinically Validated Multi-Analyte Lab-on-a-Chip Platform” (2011–2014) și proiecte MNT ERA-NET: PiezoMEMS „Piezoelectric MEMS for efficient energy harvesting”, coordonat IMT sau WaterSafe „Sustainable autonomous system for nitrites/nitrates and heavy metals monitoring of natural water sources”. Participarea la un total de 5 proiecte ERA-NET demonstrează colaborarea foarte bună cu firmele.

¹³⁶ Dr. ing. Ileana Cernica a absolvit Facultatea de Electronică și Te, secția Componente și Dispozitive Electronice, Inst. Politehnic București în 1981. A obținut titlul de doctor în specialitatea Dispozitive și Circuite Electronice în 1998. A lucrat ca inginer, peste 10 ani, în fabrica Microelectronica, în domeniul circuitelor integrate CMOS. A desfășurat activități de cercetare-dezvoltare în domeniul circuitelor CMOS și a lucrat în domeniul asigurării calității pentru circuitele integrate. Din 2000 este cercetător științific la IMT București unde coordonează proiecte de cercetare în domeniul micro-nanotehnologiilor și materialelor avansate cu aplicații în domeniile mediu, securitate și spațiu. Este evaluator în programele naționale și desfășoară activități de transfer tehnologic și asistență/veghe tehnologică. Activitatea științifică cuprinde peste 72 lucrări științifice în jurnale/conferințe internaționale, 110 rapoarte științifice, 3 cărți și este coautor la 12 patente (premiat cu argint și aur la expoziții internaționale Bruxelles, Geneva și Nürnberg). Membru colectiv de implementare Parcul Științific și Tehnologic pentru micro/nanotehnologii – MINATECH-RO, manager proiect Centru transfer Tehnologic în Microinginerie – CTT-Băneasa.

L10 este **Laboratorul de Micro și Nanofluidică**, coordonat de către dr. fiz. Marioara Avram¹³⁷. Acest laborator a apărut ca rezultat al proiectului de Fonduri Structurale POSCCE, O.2.1.2 Nr. 209, ID 665 (2010–2015), „Fabrică microfluidică pentru auto-asamblarea asistată a nanosistemelor („MICRONANOFAB”), care a avut ca *obiectiv* realizarea până la nivel de prototip a unui sistem microfluidic integrat capabil să dozeze, să încapsuleze și să livreze la țintă, diferite substanțe pentru tratament medical. Laboratorul nou înființat a câștigat proiecte naționale și a dezvoltat: modelarea, simularea și proiectarea dispozitivelor microfluidice de tipul lab-on-a-chip pentru aplicații în diagnoze clinice și medicină regenerativă. Direcția de aplicare este legată de prioritatea națională „sanitate”. Cercetările au contribuit la: *Modelare CFD (Computational Fluid Dynamics)* a curgerii fluidelor Newtoniene și Ne-Newtoniene; *Proiectarea dispozitivelor microfluidice* pentru aplicații în diagnoze clinice și medicină regenerativă; *Investigarea reologică și a curgerii fluidelor la scară micrometrică*; *Determinarea câmpurilor de viteze cu ajutorul sistemului lipozomilor* (determinări experimentale și predicții numerice utilizând un dispozitiv microfluidic cu 3 intrări și o ieșire); *Transportul molecular în dispozitive microfluidice*: Sistem magnetoforetic pentru detecția biomoleculilor marcate magnetic; sisteme magnetoforetice active pentru separarea celulelor prin câmpuri magnetice.

Centrul de cercetare–dezvoltare pentru nanotehnologii și nanomateriale bazate pe carbon (CENASIC) este coordonat de către dr. ing. Mircea Dragoman (v. secțiunea 4.5.4) și cuprinde L5 și L7, dar și alte laboratoare nou înființate, ca *laboratoare experimentale*, fără personal propriu.

L5 este **Laboratorul de Simulare, Modelare și Proiectare Asistată de Calculator** și este coordonat de către dr. ing. Raluca Müller (notă biografică în secțiunea 4.5.11). L5 a avut un rol de suport pentru activitățile de proiectare/simulare necesare întregului institut¹³⁸. În plus cercetătorii au dezvoltat tehnici de rapid prototyping, microsenzori și actuatori MOEMS și MEMS, și au efectuat cercetări pentru clase noi de materiale avansate cu aplicații în nanodispozitive (filme subțiri și nanostructuri din materiale semiconductoare oxidice). S-a realizat proiectarea,

¹³⁷ Dr. fiz. Marioara Avram este absolventă a Facultății de Fizică (Fizică aplicată), Universitatea București în anul 1982, a doua specializare Facultatea de Automatică și Calculatoare – 1994. Devine doctor în inginerie electrică „summa cum laudae” în 2004, la UPB. Activitatea științifică este în domeniul: micro și nanofluidicii, sistemelor lab-on-chip, bioMEMS, funcționalizări de suprafețe, senzori pentru detecția câmpurilor magnetice slabe, procese de corodare în plasmă. M. Avram a participat în numeroase proiecte naționale ca responsabil pentru IMT, a fost implicată în primul proiect din Fonduri structurale coordonat de IMT, în domeniul microfluidicii: (POS-CCE 209 – Microfluidic factory for assisted self-assembly of nanosystems, „MICRONANOFAB”). De asemenea, activitatea științifică cuprinde lucrări publicate/prezentate în jurnale/conferințe internaționale și un număr important de brevete. M. Avram este evaluator pentru reviste internaționale de prestigiu: Sensors and Actuators A; Microelectronic Engineering; Journal of Magnetism and Magnetic Materials. dr. Marioara Avram a primit mai multe medalii de aur la expozițiile de invenții de la Geneva, Bruxelles, Barcelona, București, dintre care amintim invenția „Procedeu de fabricație pentru un magneto-tranzistor cu valva de spin”, premiată la Geneva, 2007 și EUREKA, Bruxelles, 2008.

¹³⁸ *Laboratorul de Simulare, Modelare și Proiectare Asistată de Calculator*, dispune de o sală pentru training cu o rețea de calculatoare, utilizată în special pentru laboratoare cu studenții și masteranzii UPB, Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației. În dotare sunt servere performante și numeroase pachete software (ANSYS, COVENTOR, COMSOL etc.).

modelarea și simularea sistemelor micro-electro-mecanice (MEMS) și microfluidice; modelare și simulare pentru probleme multifizice; analize mecanice, termice, electrice, piezoelectrice și analize cuplate (statice și tranziente); analize microfluidice de tip CFD, difuzie, mixing, electrocinetice, interacțiune fluid–structură, realizare de senzori și actuatori MEMS și microfluidici.

L7 este **Laboratorul de Fiabilitate**. A fost condus de dr. ing. Marius Bâzu (șef de laborator până la pensionare, în 2016). O notă biografică apare în secțiunea 4.5.1. Laboratorul continuă tradiția ICCE în domeniu. *Competențele* echipei erau legate de testarea accelerată a micro și nanostructurilor (cu utilizarea solicitărilor simple sau a unor solicitări combinate, la mai mulți factori de solicitare simultan, care simulează mai fidel situația reală și permit o accelerare mai mare a încercărilor); Analiza și fizica defectelor și defectărilor; Analiza fiabilității prototipurilor virtuale. Laboratorul dispune de o gamă largă de echipamente pentru testări de fiabilitate, dar și echipamente electronice de înaltă performanță (dotarea sa a fost complet reînnoită în ultimul deceniu). Potențialul L7 este de bun augur pentru valorificarea cercetării și este apreciat de partenerii externi¹³⁹.

4.3.7. CENASIC – o nouă infrastructură experimentală și un centru de cercetare specializat în nanomateriale bazate pe carbon

„Centrul de cercetare pentru nanotehnologii dedicate sistemelor integrate și nanomaterialelor avansate pe bază de carbon” (CENASIC) a devenit operațional (clădire cu „cameră albă”, echipamente tehnologice, alte laboratoare) în noiembrie 2015 și a fost prezentat public la „Ziua Porților Deschise”, organizată de IMT la data de 14 decembrie 2015. Construcția noului centru a fost finanțată prin fonduri structurale (contract semnat la data de 28 septembrie 2010)¹⁴⁰. Durata inițială a contractului a fost de 3 ani, dar acesta a fost finalizat după mai bine de 5 ani. Între timp, importanța „nanomaterialelor bazate pe carbon”, fusese confirmată prin *acordarea Premiului Nobel pentru Fizică în 2010 pentru „lucrări revoluționare asupra grafenei”*. Grafena, strat monoatomic de atomi de carbon, era una din „știtele” proiectului CENASIC. *La acea dată, IMT utilizase deja grafena pentru realizarea unor circuite de înaltă frecvență*¹⁴¹.

¹³⁹ Dintre colaborările internaționale trebuie menționată implicarea în proiectul **FP6 PATENT DfMM** – *Design for Micro & Nano Manufacture (Packaging, Test and Reliability Engineering in Micro & Nanosystem Technologies*; Colaborare cu Centrul de Fiabilitate al Institutului KETI, Republica Coreea; Colaborare cu firma FEI (Olanda) – realizarea unor analize termice de mare precizie, cu microscopul IR. De asemenea, laboratorul este implicat în proiecte ESA, cum ar fi: participanți în proiectul coordonat de către laboratorul L8, proiect cu Agenția Spațială Europeană (ESA – European Space Agency) intitulat *PROBA-3 ASPIICS OPSE HARWARE* – Contract No. 4000111522/14/NL/GLC; proiectul „*Atypical Reliability Testing*” – Contract No. 4000116436/16/NL/CBi.

¹⁴⁰ Proiectul de infrastructură CENASIC a fost finanțat din fonduri structurale. Propunerea de proiect a fost redactată în principal de dr. Radu Popa (în prezent Director în IMT) și dr. Sorin Melinte (la vremea respectivă colaborator al IMT, a se vedea secțiunea 6.9). Rolul CENASIC în cadrul IMT a fost explicat într-un interviu apărut în Market Watch în 2010 (Alexandru Batali, „*Nanomateriale bazate pe carbon – noul front high-tech pentru IMT București*”, Market Watch, Numărul 131, Decembrie 2010, interviu cu acad. Dan Dascălu, Director general al INCD-Microtehnologie).

¹⁴¹ Mircea Dragoman *Circuite de înaltă frecvență realizate pe un singur strat atomic*, Market Watch, Numărul 127, Iulie–August 2010.

Pe măsură ce proiectul CENASIC se apropia de finalizare, IMT și-a intensificat activitatea de diseminare, inclusiv în cadrul unor evenimente internaționale, cum a fost participarea României la expoziția „Solar Decathlon” de la Versailles (Franța), unde Ambasada României la Paris a organizat, la data de 9 iulie 2014, „Ziua României” pentru a prezenta realizări de vârf ale cercetării românești, așa după cum se arată într-un articol¹⁴², din care reproducem mai jos un fragment:

CENASIC deschide noi direcții de cercetare și dezvoltare. „CENASIC este acronimul folosit pentru «Centrul de Cercetare pentru Nanotehnologii dedicate Sistemelor integrate și Nanomateriale avansate pe bază de Carbon». Din punctul de vedere al strategiei IMT, noul centru urmează să consolideze activitatea institutului în «nanotehnologii» și «materiale avansate», conturând și mai clar rolul IMT ca «platformă tehnologică de integrare a TGE». Serviciile complexe oferite de CENASIC vor diversifica portofoliul IMT-MINAFAB. Centrul își propune abordarea unor noi direcții de cercetare, valorificarea potențialului uman și formarea unor specialiști tineri, cooperarea cu specialiști din străinătate, participarea în proiecte complexe, cu precădere la cele europene, valorificarea rezultatelor cercetării cu parteneri industriali regionali, precum și menținerea și coordonarea rolului jucat de cercetarea interdisciplinară europeană în domeniul micro/nanotehnologiilor integrate. Concret, proiectul trebuie să asigure menținerea a cel puțin 33 de poziții în activități CD și crearea a cel puțin 10 posturi noi. Vor fi formați pentru acest domeniu 20 de cercetători tineri, din IMT și din afara acestuia. Cele 3 direcții principale de cercetare ale proiectului includ tehnologii axate pe carbura de siliciu, grafenă și respectiv diamant nanocristalin, vizând dezvoltarea de noi aplicații, cu precădere în domeniul nanoelectronicii pe bază de carbon, heterostructuri tip grafenă/semiconductori, senzori și materiale pentru nanofonică. CENASIC pune un accent important pe integrarea resurselor umane și asigurarea unui mediu de cercetare și educație de un înalt nivel tehnico-științific.

Noua facilitate este adaptată pentru a se alătura eforturilor depuse în industrie și mediul academic prin dezvoltarea facilităților dedicate într-o nouă clădire de 4 etaje cu o suprafață de circa 1 000 mp incluzând spații specifice camerei albe, laboratoarelor și birourilor. O suprafață de 200 mp va fi ocupată de o nouă cameră albă, incluzând echipamente avansate pentru sinteză, procesare și caracterizare. Cele 8 noi laboratoare amplasate în noua infrastructură sunt concepute pentru crearea unui flux tehnologic complet în scopul dezvoltării produselor și serviciilor propuse în proiect... Echipamentele de ultimă generație (cupatoare multiproces, sistem de depuneri în ultravid cu caracterizare integrată, depunerea straturilor monoatomice sau epitaxie cu fascicul molecular) vor completa actuala infrastructură IMT-MINAFAB. În urma implementării proiectului, noul centru va oferi servicii complexe asociate laboratoarelor noi, printre care proiectare, micro- și nanoprocesare, servicii de caracterizare pentru materiale complexe pe bază de carbon.”

¹⁴² Dan Dascălu, Alexandru-Cosmin Obreja (IMT București), *CENASIC întărește rolul IMT de platformă tehnologică de integrare a Tehnologiilor Generice Esențiale*, Market Watch, Numărul 167, Iulie–August 2014.



Echipe de management/implemțare a proiectului CENASIC; de la stânga la dreapta, sus: Dr. Lucian Gălățeanu (director proiect), Acad. Dan Dascălu, Dr. Adrian Dinescu; jos: Dr. Mircea Dragoman, Dr. Raluca Müller (director general IMT)

Dr. fiz. Adrian Dinescu (dreapta spate), în prezent director general al IMT (v. secțiunea 4.5.3), a coordonat elaborarea specificațiilor tehnice, achiziția și instalarea echipamentelor, construcția camerei albe. Dr. ing. Raluca Müller (dreapta față), la vremea respectivă director general (v. secțiunea 4.5.10), a coordonat execuția proiectului, cu ajutorul directorului de proiect dr. ing. Lucian Gălățeanu (stânga spate). Dr. ing. Mircea Dragoman (stânga față, v. secțiunea 4.5.4) s-a ocupat de coordonarea colectivului de cercetători, iar acad. Dan Dascălu (mijloc, spate) s-a ocupat (până în 2017) de strategia centrului de cercetare.

Facilitatea experimentală CENASIC a fost lansată oficial în decembrie 2016¹⁴³. Figura de mai sus reprezintă o imagine din „camera albă” a noii facilități (în fundal – instalația de epitaxie cu fascicul molecular).

4.3.8. TGE-PLAT – platforma care oferă accesul firmelor la un număr de tehnologii generice esențiale (TGE)

La data de 7 noiembrie 2016 a avut loc, la Biblioteca Academiei Române din București, lansarea proiectului „Parteneriat în exploatarea tehnologiilor generice esențiale (TGE) utilizând o platformă de interacțiune cu întreprinderile competitive”, beneficiar IMT București, proiect finanțat din programul de fonduri structurale POC CDI¹⁴⁴. La lansarea proiectului au participat nu mai puțin de 26 de firme, interesate de un domeniu relativ îngust, cel al componentisticii realizate prin micro- și nanofabricație. Director de proiect este dr. ing. Raluca Müller. Proiectul pune la dispoziție, la adresa www.imt.ro/TGE-PLAT, un portal cu informație publică, dar și o pagină cu acces controlat accesibilă firmelor potențial beneficiare. Proiectul,

¹⁴³ Raluca Müller, Adrian Dinescu, Mircea Dragoman, Radu Popa, Dan Dascălu „*IMT relansează ofensiva high-tech via CENASIC: Un centru performant de nanotehnologie și nanomateriale bazate pe carbon*” (cover story), Market Watch, Nr. 182 (februarie–martie 2016), 22 martie 2016.

¹⁴⁴ Dan Dascălu „*Lansarea TGE-PLAT, un proiect de exploatare a tehnologiilor generice esențiale, atrage interesul considerabil al întreprinderilor*”, Market Watch, Nr. 189 (noiembrie 2016), 21 noiembrie 2016.

cu durata de 5 ani și bugetul de aproximativ 3 milioane de euro, susține o colaborare diversă cu firmele, cărora le oferă consultanță, servicii, instruire, execuție de cercetare la cerere, colaborare în activități CD ș.a.

Prioritatea de specializare inteligentă vizată de TGE-PLAT este domeniul 2, „**TIC, spațiu, securitate**”, identificat de Strategia Națională CDI (2014–2020), dar și de Strategia Națională pentru Dezvoltare Durabilă a României (până în 2030). Este vorba, de fapt, de trei domenii **high-tech** concentrate într-unul singur, domenii care sunt **finanțate pentru prima oară** (2014–2020) prin programele de fonduri structurale dedicate României. Conform Strategiei Naționale pentru Competitivitate, SNC (2014), prioritatea de mai sus are impact în următoarele sectoare industriale: Tehnologia Informației și a Comunicațiilor, Industria auto și componente, Energie și management de mediu.

Caracterul specific al propunerii de proiect prezentate aici este legat de **utilizarea unui grup de Tehnologii Generice Esențiale (TGE)** de care dispune IMT (concret este vorba de **micro-nanoelectronică, micro-nanofotonică, nanotehnologie**). După cum am aratat deja în secțiunea 6.2.2, aceasta corespunde orientării strategice din „Orizont 2020”: UE consideră că își poate asigura competitivitatea prin tehnologii generice esențiale (TGE, în original KET = Key Enabling Technologies). Aceste tehnologii au un mare potențial inovativ. Ele nu sunt specifice unui anumit domeniu de aplicație (de aceea sunt numite „generice”). Impactul lor asupra progresului tehnologic și realizării de noi produse este și mai mare atunci când două sau mai multe TGE sunt folosite în combinație. Tehnologiile „generice” sunt versatile și extrem de eficiente în abordarea de către IMM-urile inovative a unor nișe de piață. Firmele trebuie însă asistate de către instituții de cercetare care cercetează și dezvoltă aceste TGE folosind infrastructura experimentală și competențele adecvate. În această concepție, considerată vitală pentru UE, regăsim esența propunerii TGE-PLAT.

Lansarea proiectului, desfășurată în cadrul ospitalier al Bibliotecii Academiei Române, a atras o audiență variată (peste 90 de participanți). Fără cuvântări ale oficialităților, dar cu prezentări tehnice la obiect și cu o interacțiune directă între cercetători și firme, evenimentul poate fi considerat un succes. Organizarea în tandem a evenimentului de presă și a celui tematic, pe fundalul unei miniexpoziții a cercetătorilor din IMT, s-a dovedit inspirată. Reprezentanții presei au rămas la evenimentul tematic (cu caracter științific), s-au discutat în plen problemele concrete ale participării firmelor (sesiune de întrebări și răspunsuri la care au participat și reprezentanți ai OI/POC-CDI), cercetătorii din IMT au oferit detalii în fața standurilor cu expozate și materiale documentare.

De altfel, întâlnirile ulterioare cu firmele, în cursul anului 2017 au confirmat amploarea interesului firmelor pentru utilizarea noilor tehnologii. Concret, oferta IMT este legată de:

- **Microsenzori** (de temperatură, biochimici, optici, de presiune) pentru detecția/identificarea persoanelor, a explozivilor/drogurilor etc., utilizabili în medii agresive și ostile, cu grad ridicat de pericolozitate, în subdomeniile: „2.1 TIC (2.1.2 Internetul viitorului); 2.2. Spațiu; 2.3. Securitate (TGE utilizate sunt micro- nanoelectronică și nanotehnologii).

• **Componente fotonice** și sisteme cu aplicații în spațiu și securitate (subdomeniile 2.2, 2.3), anume: (1) Tehnologii pentru detectori pentru diverse domenii spectrale (UV, VIS, NIR, SWIR ... Far-IR); (2) Componente optice difractive cu profil 3D; (3) Componente optice/microoptice adaptive (TGE folosite sunt fotonică și nanotehnologii).

• **Dispozitive și sisteme pentru unde milimetrice**, submilimetrice și în domeniul Terahertzilor – pentru domeniile: „2.2. Spațiu, 2.3. Securitate” (TGE: micro-nanoelectronică și nanotehnologii).

Derularea cu succes a proiectului TGE-PLAT¹⁴⁵ are o **importanță strategică pentru IMT București**¹⁴⁶. La două decenii de la formarea institutului național, resursele umane și infrastructura acestuia, nu în ultimul rând experiența câștigată în colaborările europene (inclusiv în colaborarea cu firme de mare prestigiu), pot fi folosite în beneficiul întreprinderilor autohtone. Este importantă **concentrarea geografică** a acestor întreprinderi (Regiunea de Dezvoltare București-Ilfov) și **focalizarea** interesului pe tematica de „securitate”, conform specializării inteligente din Planul Național CDI în derulare.

4.3.9. Participare de excepție la programele europene (cel mai bun institut național, 2011)

În PC6, *IMT a coordonat trei proiecte suport* care au implicat rețele de organizații din România (ROMNET-ERA), din estul Europei (MINAEAST-NET) și din întreaga Europă (MINOS-EURONET). Ultimele două au fost focalizate pe micro-nanotehnologii (respectiv micro-nanosisteme). Aceste proiecte au facilitat integrarea în ERA (European Research Area) a organizațiilor de cercetare din România și au contribuit la vizibilitatea IMT și la atragerea acestuia în proiecte europene de cercetare. Amploarea ultimului proiect (cu 18 parteneri, majoritatea din vestul Europei) poate fi întrezărită aruncând o privire pe site-ul <http://www.minos-euro.net/>. IMT a mai fost implicat și în alte 12 proiecte din PC6, o treime dintre acestea fiind rețele de excelență (și acestea au facilitat contactele IMT în aria sa de interes). A fost un prilej de a constata importanța excepțională pe care a avut-o orientarea din start a domeniului de activitate al institutului către tematici de interes în UE (așa cum s-a arătat deja în secțiunea 6.1.2).

Fapt este că *succesul IMT în PC6 este cu atât mai remarcabil cu cât a fost înregistrat într-o perioadă în care institutul dispunea de o infrastructură experimentală*

¹⁴⁵ În anul 2017 s-a organizat o primă selecție și au fost finanțate din bugetul proiectului primele proiecte CD care susțin colaborarea dintre IMT și firme, v. www.imt.ro/TGE-PLAT.

¹⁴⁶ **Ce altă șansă există de a deschide acces la fabricație, eventual printr-o finanțare europeană?** CE a finanțat deja linii pilot (în parteneriat public-privat). Există șansa de a accesa, prin proiecte în consorțiu (facilități care vor fi utilizate în comun) finanțarea așteptată pentru linii pilot multi-TGE... În 2014 IMT a fost cooptat de un consorțiu foarte puternic pentru o rețea avansată de nanofabricație, dar nu a câștigat decât ... experiență, deoarece propunerea respectivă (EUMINAfab 2) nu a fost finanțată de CE. Alte oportunități (care nu ar face decât să crească probabilitatea României de a intra în consorții europene) ar fi o investiție din fonduri structurale sau, de ce nu, o investiție privată a unei multinaționale”. Despre perspectiva domeniului în România se vorbește și în capitolul 10 al **SRMN 2018**.

învechită. Calitatea cercetărilor a fost mai importantă. Îmbunătățirea bazei materiale a cercetării se reflectă abia în participarea la PC7. Deși numărul total al proiectelor este mai mic decât în PC6, numărul proiectelor efective de cercetare a crescut și printre ele sunt două proiecte de mare anvergură (large-scale integrating, collaborative projects). La cele de mai sus se adaugă un număr egal de proiecte desfășurate în programe europene finanțate în paralel cu PC7, dintre care trebuie menționate patru proiecte în programul de mare anvergură JTU ENIAC (Joint Undertaking în Nanoelectronics, parteneriat public privat)¹⁴⁷. Succesul politicii IMT de cooperare europeană este sintetizat într-un articol recent¹⁴⁸, cităm: „Un bilanț făcut în vara anului 2016 arată faptul că IMT (INCD Microtehnologie) a semnat contracte în valoare totală de 5 milioane de euro în principalele „programe” europene de cercetare (Programele Cadru 6 și 7, Orizont 2020). Majoritatea covârșitoare a acestor contracte au demarat într-o perioadă de un deceniu, care începe în 2004, odată cu derularea primelor contracte din PC 6. Succesul cel mai substanțial al institutului coincide însă cu participarea la PC 7 (2007–2013). Un bilanț intermediar (Raportul pentru Inovare al Comisiei Europene, Anexa România, 10 iunie 2011) poziționa IMT într-un pluton fruntaș privind fondurile europene de cercetare, fiind după acest criteriu cel mai performant institut național (INCD). Ceva mai târziu, „Agenda Digitală” a CE plasa IMT, în același context, drept cel mai bun institut din România în domeniul Științei și Tehnologiei Informației, dezvăluind și faptul că participarea IMT a fost focalizată pe domeniul micro- și nanosistemelor.” Fapt este că participarea la PC6 și PC7 constituie **una din cele mai remarcabile reușite ale institutului**. IMT și-a adus o anumită contribuție la plasarea României pe harta științifică a Europei (o țară care a devenit „frecventabilă”). Imaginea institutului pe plan intern și extern a avut și ea de câștigat. Implicarea în cooperarea europeană a cercetătorilor din diverse generații le-a adus un plus de experiență și încredere în propriile forțe.

4.3.10. CAS își continuă evoluția sub egida Academiei Române¹⁴⁹

„Lucrurile bine concepute au șansa de a rezista în timp. Conferința Anuală de Semiconductori, organizată de către ICCE (Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice) în 1978 și desfășurată după bunele practici existente în lume

¹⁴⁷ **Cooperarea europeană desfășurată în IMT** este ilustrată de un document pregătit de conducerea institutului pentru evaluarea instituțională din 2012, sintetizând participarea la proiectele europene din cei 10 ani anteriori. Sunt listate proiectele din PC6 (2003–2006) la care IMT a fost coordonator sau partener, precum și proiectele din PC7 (începând cu 2007) și din programele europene desfășurate în paralel. A se vedea prima parte a istoriei IMT, capitolul IV I redactat de Raluca Müller în lucrarea Nona Millea (coordonator) *Electronica românească. O istorie trăită. vol. 5 Industria de componente. Alte unități*, Edit. AGIR (în curs de apariție), precum și secțiunea 4.4 din Dan Dascălu, „*Retrospectiva IMT*” accesibilă la adresa www.link2nano.ro/retroIMT.

¹⁴⁸ Dan Dascălu, Alexandru Müller, Carmen Moldovan, Gabriel Moagar-Poladian, *IMT București: 10 ani de proiecte europene*, Market Watch, Nr. 192 (martie 2017), 23 martie 2017. În acest articol sunt explicați și factorii-cheie ai acestei „istorii de succes”. Apar și „microinterviuri” cu cercetătorii implicați în acest moment în astfel de proiecte.

¹⁴⁹ În continuare reproducem largi extrase din articolul Dan Dascălu *Conferința Anuală de Semiconductori (CAS) își sărbătorește, sub egida Academiei Române, a 40-a ediție*, Revista Academica, Nr. 9, septembrie 2017, Anul XXVII, 323, pp. 42–45.

și-a dovedit vitalitatea și după ce România a ieșit din izolare (în 1990)¹⁵⁰. Evenimentul se pregătește acum să își sărbătorească a 40-a ediție (Sinaia, 11–14 octombrie 2017)¹⁵¹. Site-ul conferinței, www.imt.ro/CAS plasează această manifestare sub egida Academiei Române. [...] CAS nu a fost numai conferința institutului de profil, ci și o platformă de interacțiune a cercetătorilor cu cadrele didactice și doctoranzii din Institutul Politehnic București, precum și cu colegii din IPRS-Băneasa, cărora li s-au alăturat ulterior cei din întreprinderea Microelectronica. Era o epocă a comunicării între educație–cercetare–producție (ceea ce am numi acum «triunghiul cunoașterii») la care ne gândim cu nostalgie astăzi, când industria românească de semiconductori este o amintire. Perioada 1987–1989, când schimbările pluteau în aer, a fost una deosebită pentru această comunitate a celor care lucrau în domeniu”.

O tranziție lină. La sfârșitul anului 1996, ICCE a fuzionat cu IMT (Institutul de Microtehnologie), formând Institutul Național de Cercetare–Dezvoltare pentru Microtehnologie (IMT București). Noul institut a «moștenit» de la ICCE și conferința CAS, cu comitetul său de organizare, experiența și contactele aferente. Deși noul institut avea o nouă conducere și un nou obiect de activitate, ediția a 20-a (cu caracter aniversar) s-a desfășurat «ca mai înainte». După 1997 funcția de președinte al Conferinței a fost preluată de către Directorul general al IMT (autorul articolului de față)¹⁵², dar conducerea Comitetului de program a fost asigurată de către Universitatea «Politehnica» București, prin prof. dr. ing. Adrian Rusu, m.c. al Academiei Române (președinte) și prof. dr. ing. Gh. Brezeanu (vicepreședinte). Prof. Adrian Rusu (șeful Catedrei de specialitate din Politehnică), o personalitate remarcabilă în domeniul dispozitivelor semiconductoare, cu două monografii originale publicate în Editura Academiei, fusese un colaborator apropiat al lui Constantin Bulucea, fondatorul CAS și avea deja o experiență îndelungată în gestionarea activităților Comitetului de Program. A fost fără întrerupere președintele Comitetului de Program CAS până la dispariția sa prematură (noiembrie 2012).

Desigur, pentru supraviețuirea conferinței a fost importantă nu numai organizarea internă, ci și numărul participanților și calitatea lucrărilor. Deschiderea spre exterior a fost menționată deja anterior (eveniment internațional din 1991 și egida IEEE din 1995). Problema a fost aceea de a menține atractivitatea acestui eveniment desfășurat anual în același loc.

Efectul participării la proiectele europene. După 1997 s-au schimbat unele lucruri în desfășurarea CAS. Profilul tematic al Conferinței a fost lărgit la cel de «micro-și nanotehnologii», menținându-se direcțiile tradiționale de dispozitive semiconductoare și circuite integrate semiconductoare. Aceasta a corespuns profilului de activitate

¹⁵⁰ Pentru începuturile conferinței se va consulta subcapitolul 3.2, redactat de către dr. ing. Marius Băzu.

¹⁵¹ Ediția 2017, al 40-lea eveniment anual, într-o derulare neîntreruptă, se bucură de un record de 18 comunicări invitate – din Belgia, Canada, Franța, Germania, Grecia, Irlanda, Italia, Marea Britanie (Republica) Moldova, România, Spania, Suedia. Între timp s-a desfășurat și această ediție, despre care apare o relatare în articolul: Raluca Müller, Claudia Roman, *Conferința Anuală de Semiconductori «CAS» a aniversat cea de a 40-a ediție*, Market Watch, Nr. 198 (octombrie 2017), 26 octombrie 2017.

¹⁵² Ultima ediție coordonată de către Dan Dascălu ca președinte al Conferinței a fost CAS 2016. A colaborat excelent cu ing. Cristina Buiculescu, care a funcționat ca Manager al Conferinței până în 2017.

al noului institut, care ținea seama de noile tendințe apărute pe plan european. Realitatea este că ieșirea din circuitul productiv al întreprinderii Microelectronica S.A. la începutul anilor '90, ca și dificultățile cu care s-a confruntat IPRS (devenită Băneasa S.A.) în cei câțiva ani înainte de intrarea sa în faliment, sau desprinderea liniei de microproducție din ICCE, au făcut ca cercetarea experimentală din România legată de industria de semiconductori să devină fără obiect. Pe de altă parte, orientarea spre micro- și nanosisteme a permis participarea IMT la numeroase proiecte internaționale din programele europene PC6 și PC7: participanții la aceste proiecte, inclusiv din străinătate, au început să își comunice o parte din rezultate la CAS. Venirea străinilor la conferința românească a fost stimulată și de organizarea unor evenimente satelit ale CAS, finanțate prin proiectele respective. Proiectele europene respective, în care a fost implicat IMT, au avut următoarele acronime: WAPITI (STREP), PATENT (NoE), 4M (NoE), AMICOM (NoE), INTEGRAPLUS (IP), MEMS-4-MMIC (STREP), SMARTPOWER (IP), MIMOMEMS (CSA), SOI-HITS (IP), NANOCOM (ENIAC)¹⁵³.

„**Modelul IEEE.** În anul 2013 autorul prezentului articol a coordonat organizarea European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC), o conferință al cărui profil științific coincide cu aproximație cu cel al CAS. Câteva explicații sunt necesare. ESSDERC a ajuns în 2017 la a 47-a ediție, dar una singură s-a desfășurat până acum în estul Europei, cea din anul 2013, la București. ESSDERC se organizează în paralel și în interacție cu ESSCIRC (European Solid-State Circuits Research Conference). Coordonarea ediției ESSCIRC de la București a revenit unui român din diasporă (Andrei Vladimirescu, University of California at Berkeley). Nu este un secret faptul că un alt român (Sorin Cristoloveanu¹⁵⁴, ENSERG-IMEP, Grenoble) coordona la vremea respectivă Steering Committee al dublei conferințe ESSDERC/ESSCIRC. În România un neobosit promotor și sponsor al ediției de la București a fost Infineon Technologies România”¹⁵⁵.

„Conferința de mai sus a furnizat pentru CAS modelul după care s-a gestionat electronic evaluarea lucrărilor propuse și interacțiunea cu IEEE. Implementarea, la edițiile 2013–2016, s-a făcut cu ajutorul unei firme de specialitate din SUA, cu un plus de eficiență, inclusiv în indexarea lucrărilor prin IEEEExplore. Ediția 2016 a conferinței a beneficiat și de publicarea în extenso a unor comunicări într-un număr special al ROMJIST (Romanian Journal for Information Science and Technology) publicație ISI care este editată de către Academia Română, cu sponsorizarea IMT (a se vedea www.romjist.ro)”. Practica a fost reluată în 2017.

„Desigur, organizarea Conferinței de la Sinaia în deplină conformitate cu standardele IEEE nu este suficientă pentru a asigura și succesul acesteia: concurența

¹⁵³ Deosebit de eficiente au fost proiectele cu număr mare de participanți: rețelele de excelență (NoE, Network of Excellence) și proiectele integrate (IP, Integrated Project). Precursorul acestui gen de activități a fost proiectul european MEMSWAVE, coordonat de către IMT (1997–2000), care a avut întâlnirea finală de proiect în paralel cu CAS 2000, ocazie cu care s-a bucurat de o apreciere deosebită din partea Comisiei Europene (reprezentată prin Dirk Beernaert, Head of unit).

¹⁵⁴ În subcapitolul 6 apar note biografice ale lui Andrei Vladimirescu și Sorin Cristoloveanu.

¹⁵⁵ Dan Dascălu, *Premieră estică: România a organizat Conferința internațională de nanoelectronică ESSDERC/ESSCIRC*, Market Watch, Nr. 159 (octombrie–noiembrie 2013), 28 octombrie 2013.

cu alte evenimente este din ce în ce mai aprigă, iar un eveniment cu locație fixă este din ce în ce mai vulnerabil. Comitetul de Program este conștient de faptul că organizarea în continuare a unei conferințe cu o participare internațională substanțială rămâne o provocare. Să îi urăm succes!”

4.3.11. În loc de încheiere

Încheiem subcapitolul 4.3 dedicat Institutului de Microtehnologie, cu un pasaj din articolul citat la început (Dan Dascălu, *O sămânță care a rodit*, *Academica*, Nr. 5–6, mai–iunie 2017, Anul XXVII, 319–320, pp. 36–38). „**Cum este văzut în prezent institutul pe plan mondial?** De mai bine de două decenii, la inițiativa Japoniei, a fost organizată Word MicroMachine Summit (MMS)¹⁵⁶, manifestare anuală dedicată domeniului MEMS (v. mai sus). Este vorba de reuniune științifică internațională la care se participă numai pe bază de invitație și la care se prezintă și rapoarte „de țară” sau rapoarte pentru activitatea în domeniu într-un grup de țări (de ex. Țările de Jos, sau țările din Peninsula Iberică). Evident, sunt reprezentate numai anumite țări sau grupuri de țări. În ultimii zece ani (2007–2016) România, prin IMT, a fost singura țară participantă din estul Europei. La ediția 23 (Barcelona, 15–17 mai 2017) România a adus în «suita» sa Polonia și – simbolic – câteva țări din bazinul dunărean”¹⁵⁷.

4.4. LABORATORUL DE CERCETARE HONEYWELL ROMÂNIA

Octavian Buiu¹⁵⁸

Laboratorul de cercetare Honeywell a fost înființat în anul 2003, fiind parte din Honeywell România SRL (condusă, în perioada 1999–2008, de către dl. ing.

¹⁵⁶ De reținut faptul că termenul de „micromachining” are semnificația de „microprelucrare” și este specific „microtehnologiilor”. Ulterior, conținutul evenimentului a fost legat de micro- și nanotehnologii, micro- și nanosisteme. Ultima ediție a folosit termenul de **World Smart Systems and Micromachine Summit (SNN 2017)**, iar sesiunile științifice propriu-zise au avut ca tematică preferențială *Micro- and Nano systems for Smart Cities Applications*. Nu este exclus ca în 2023, acest Summit, care este organizat succesiv în Asia, America, Europa să aibă loc în România!

¹⁵⁷ Prezentarea făcută de către dr. Adrian Dinescu, directorul general al Institutului, este accesibilă la adresa <http://mms2017.imb-cnm.csic.es/index.php>.

¹⁵⁸ Sunt preluate fragmente din prezentarea făcută de către Octavian Buiu în secțiunea 8.3 din volumul *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, citat anterior. Octavian Buiu este absolvent (1987) al Facultății de Fizică, Secția Fizică Tehnologică (Universitatea București) și doctor în fizică al Universității „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca (1998). Are o experiență de peste 30 de ani de lucru în cercetare–dezvoltare și mediu academic, în instituții de stat și private: inginer stagiar (IRNE Mioveni), cercetător științific și cercetător științific gradul III (ICCE, IMT), cercetător asociat și cercetător senior (Universitatea din Liverpool și Universitatea De Montfort – Marea Britanie), lector (Departamentul de ing. Electrică și Electronică, Universitatea din Liverpool). Pe lângă activitatea de cercetare, Octavian a îndeplinit și funcții de management: director departament cercetări multidisciplinare și director științific (IMT, 1993–1997), portofolio manager (Honeywell România, Lab. de Senzori; 2007–2014) și Senior Technology Manager (Honeywell România, Lab. de Senzori; 2014–2017). Are peste 70 de articole ISI publicate, 20 de patente EU și SUA acordate, precum și mai mult de 100 de articole și prezentări la conferințe naționale și internaționale.

Gheorghe Tucu – <https://www.linkedin.com/in/gheorghe-tucu-304a8211/> – al cărui sprijin în înființarea și operaționalizarea laboratorului a fost deosebit de important). Cele două personalități implicate nemijlocit în înființarea laboratorului au fost Cleopatra Căbuz¹⁵⁹ și Cornel Cobianu¹⁶⁰ [...] Pentru Honeywell, o perioadă de coagulare și dezvoltare – inclusiv pe latura cercetării, inovării și ingineriei – începe odată cu numirea (Februarie 2002), în funcția de Director executiv și președinte al Consiliului de Administrație a lui David M. Cote. Formarea și dezvoltarea laboratorului din București (parte dintr-un laborator Honeywell global – denumit „Sensors and Wireless” – și cu locații în Minneapolis, Praga și Nanjing (ulterior la Shanghai)) este strâns legată de perioada „Cote”, care formal a încetat în aprilie 2016.

Laboratorul global – inclusiv grupul din România – a fost atașat, din punct de vedere organizatoric, unui grup strategic de business (SBU) denumit „Automation and Control Solutions”, regăsindu-se în organigrama acestui grup până în anul 2016 când acesta a fost reorganizat. Misiunea principală a laboratorului de senzori a vizat – în primul rând – dezvoltarea unei capacități de cercetare–dezvoltare și inovare, care să participe la dezvoltarea portofoliului Honeywell în domeniul materialelor, dispozitivelor și sistemelor folosite pentru dezvoltarea de senzori, echipamente inteligente de protecție și monitorizare (la nivel de utilizator, utilaje și procese complexe), generare energie verde și monitorizare mediu. [...]

Cum era de așteptat, primii pași au fost făcuți către extinderea echipei; un prim „val” de ingineri electroniști, cu experiență în electronica aplicată și/sau tehnologii fabricație dispozitive electronice au fost angajați: Ioan Pavelescu, Ion Georgescu, Mihai Mihăila, Viorel Avramescu. A urmat dezvoltarea colaborărilor cu Universitatea „Politehnica” București (Ștefan Voicu) și Universitatea din București (*Mircea Bercu*). De-a lungul anilor, procesul de recrutare a celor mai buni cercetători și dezvoltarea unei echipe cu puternic caracter multidisciplinar (chimie – Bogdan Cătălin Șerban, Cristian Diaconu; matematică – Mihai Gologanu; fizică – Viorel Dumitru, Octavian Buiu; electronică – Dana Guran, Marius Voicu, Andrei Bălan, Cazimir Bostan, Mihai Brezeanu, Ștefan Costea, știința materialelor – Alisa Stratulat) au reprezentat priorități ale conducerii Laboratorului, iar o mare majoritate a celor angajați a fost reprezentată de cercetători români care au studiat și lucrat în străinătate (Olanda, Germania, Franța, SUA, Marea Britanie).

Pe măsura extinderii echipei, Laboratorul și-a diversificat oferta de servicii; pe lângă activitățile de cercetare efectuate la un TRL = 2–3, cercetătorii din laborator au început să fie implicați în echipe globale, aferente unor proiecte de cercetare–dezvoltare în care se executa inclusiv transferul tehnologic către diverse entități de business din cadrul Honeywell, localizate în întreaga lume: SUA, Canada, Australia, Marea Britanie, Franța, Germania.

Trebuie subliniate rezultatele deosebite obținute în dezvoltarea proprietății intelectuale; peste 80 de brevete (EU, SUA, WO, CH) au fost acordate cercetătorilor

¹⁵⁹ Vicepreședinte inginerie, Honeywell Industrial Safety, membră a Academiei Naționale de Inginerie (SUA), <https://www.linkedin.com/in/cleocabuz/>

¹⁶⁰ Honeywell Fellow, cercetător Științific gradul 1, membru al Academiei Oamenilor de Știință din România, <https://www.linkedin.com/in/cornel-cobianu-9664967/>. În secțiunea 8.3 din volumul *Școala românească...* există și o notă cu caracter memorialistic a dr. Cornel Cobianu, în calitate de cofondator al acestui laborator.

din Laboratorul Honeywell (la nivelul anului 2016). La acestea trebuie adăugat un număr de aproximativ 50–60 de cereri de brevete aflate în diverse stadii de investigare...

Sunt câteva activități în care **Laboratorul Honeywell din București** a fost implicat de-a lungul anilor și pentru care avem convingerea că au fost realizate – în premieră la nivelul României – din perspectiva implicării marilor corporații în competițiile naționale și europene pentru fonduri de cercetare–dezvoltare–inovare și, în general, în cooperarea cu alți participanți din sistemul național de cercetare–dezvoltare: (a) participarea la competițiile europene încă din anul 2005, în așa fel încât între 2006–2009, laboratorul de cercetare din Honeywell executa un proiect FP6, alături de Infineon, NXP și Thales. (b) Câștigarea în anul 2009 a două proiecte de fonduri structurale (VIPRES, NOVOCELL) vizând formarea unor echipe de cercetători; proiecte care au fost încheiate ani mai târziu, cu 11 brevete și cereri de brevete acordate sau în curs de procesare la Oficiul European de Patente. (c) Câștigarea în anul 2015, împreună cu membrii consorțiului proiectului SOIHITS (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/news/high-temperature-smart-sensing-way-reduce-carbon-dioxide-emissions>) a premiului de inovare acordat de EU în cadrul competiției pentru „Micro/Nano Electronics” or „Smart System Integration”. (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/research-project-soi-hits-wins-innovation-award-competition-fp7-participants>). Pe lângă cerințele specifice activității de cercetare–dezvoltare–inovare focalizată pe dezvoltarea unui senzor inovativ de oxigen, Laboratorul Honeywell a coordonat și activitatea de exploatare a rezultatelor la nivelul întregului consorțiu. (d) Negocierea și semnarea cu INCD Microtehnologie (IMT București), în anul 2010, a unui acord cadru de colaborare („Master Service Agreement”) care a permis accesul cercetătorilor din Laboratorul Honeywell la facilitățile tehnologice ale institutului.

4.5. NOTE BIOGRAFICE

În această secțiune sunt prezentate *în ordine alfabetică* repere biografice ale unor specialiști care au activat în una, în două sau în toate cele trei entități de cercetare prezentate în acest subcapitol. Un număr de specialiști (Radu Bârsan, Constantin Bulucea, Mircea Dușa, Radu Vancu, Andrei Vladimirescu) sunt prezentați în subcapitolul 6 (diaspora). În toate cazurile forma extinsă a notei biografice poate fi găsită în **SMNE 2018**, citat anterior.

4.5.1. Marius Bâzu

S-a născut în 1948 și a absolvit în 1971, secția Ingineri fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din IPB, devenind doctor inginer în anul 1994 (coordonator: prof. Ioan Bacivarov).

A elaborat și/sau a promovat în România metode de construire și evaluare a fiabilității, metode de încercare accelerată pentru componente electronice, selecția prin îmbătrânire accelerată și prelucrarea statistică a datelor pe baza legilor de distribuție

a defectărilor, utilizarea inteligenței computaționale la evaluarea fiabilității, precum și concepte ca „Building-in Reliability”, „Design for Reliability” și „Concurrent Engineering”. A fost Director de proiect la peste 40 de proiecte de cercetare naționale (inclusiv două rețele naționale în domeniul nanotehnologiilor, fiecare cu câte 10–12 participanți) și participant la 4 proiecte internaționale. Între 1997 și 1999 a fost coordonatorul unui proiect european Phare/TTQM, referitor la o tehnologie „Building-in Reliability”, care a fost implementată cu succes la Băneasa SA.



Dr. ing. Marius Băzu

A participant la rețeaua europeană de excelență „Patent-DfMM” (proiect FP6/IST, 2004–2009) și a fost membru al Management Board al rețelei. Începând din martie 2007, este membru al Board-ului „European Microsystem Reliability – EUMIREL”, structură creată în continuarea rețelei „Patent-DfMM” și destinată a oferi servicii de fiabilitate pentru companiile și instituțiile de cercetare europene care acționează în domeniul microsystemelor. Între 2005 și 2007 a fost coordonator al unui proiect realizat de Laboratorul de Fiabilitate la solicitarea institutului KETI (R. Coreea).

A avut o bogată activitate publicistică: 3 cărți¹⁶¹ și 2 capitole de cărți¹⁶² publicate (împreună cu Titu Băjenescu), la edituri de prestigiu din străinătate (J. Wiley & Sons, Artech House, Springer Verlag și Elsevier Ltd.) și 2 cărți publicate în țară, autor sau coautor la peste 120 de articole științifice (IEEE Trans. on Reliability, Solid State Phenomena, Sensors etc.), dar și coautor al unui număr de șapte brevete acordate de OSIM în perioada 2007–2014.

Este deținătorul premiului „Tudor Tănăsescu” al Academiei Române pe anul 2011 și al premiului Asociației Generale a Inginerilor din România pe anul 2000, pentru lucrarea *Building-in Reliability Technology*.

4.5.2. Cornel Cobianu

Cornel Cobianu s-a născut în 1953 și a absolvit (1977) Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția „Componente și Dispozitive Electronice” din IPB, cu media generală 9,77 și nota 10 la examenul de diplomă. A fost repartizat la *Microelectronica*, cu stagiatura la IPRS (1977–1980). A lucrat în secțiile de circuite integrate și dispozitive semiconductoare discrete din IPRS, unde și-a început specializarea în procese tehnologice, cu aplicabilitate și la tehnologia CMOS

¹⁶¹ a) M. Băzu, T. Băjenescu, *Failure analysis. A practical guide for manufacturers of electronic components and systems*, J. Wiley & Sons, 2011; b) T. Băjenescu, M. Băzu, *Component reliability for electronic systems*, Artech House, 2010; c) T. Băjenescu, M. Băzu, *The reliability of electronic components*, Springer Verlag, 1999.

¹⁶² a) M. Băzu, T. Băjenescu, Chapters *Reliability Testing and Failure Analysis* in: Thomas, Siturel, Thomas (Eds.), *Micro- and Nanostructured Epoxy/Rubber Blends*, September 2014, J. Wiley & Sons; b) T. Băjenescu, M. Băzu, Chapter „Reliability Building of Discrete Electronic Components”, in: Jonathan Swingler, *Reliability Characterisation of Electrical and Electronic Systems*, 2015, Elsevier Ltd..

ce urma să fie dezvoltată la Microelectronica. A dezvoltat prin efort propriu, în premieră națională, procesele de depunere chimică din vapori (CVD) a straturilor subțiri de bioxid de siliciu (SiO_2) pornind de la reacția dintre silan și oxigen, la presiune atmosferică și temperaturi mici, sub 450°C . Procesul tehnologic a fost transferat în producție având la bază o modelare fizico-chimică riguroasă, care a fost publicată într-o lucrare care a fost citată până în anul 2017 în reviste internaționale de 50 de ori¹⁶³.

În perioada 1982–1990 a lucrat în Microelectronica ca inginer de procese (CVD) pentru tehnologia CMOS și tehnolog de dezvoltare de memorii semiconductoare EPROM de 16kB, în tehnologia NMOS, dezvoltând procesele de depunere CVD a straturilor de SiO_2 dopat cu fosfor și/sau bor, a straturilor de siliciu policristalin și a straturilor de nitrură de siliciu, toate obținute prin metoda „low pressure chemical vapor deposition” (LPCVD). A condus proiectul de dezvoltare de tehnologie NMOS pentru memoria EPROM cu două nivele de siliciu policristalin și ștergere cu radiație ultraviolet, obținând câteva prototipuri funcționale la sfârșitul anului 1989!. Cea mai mare realizare științifică a acestor ani a fost promovarea în premieră mondială a unei noi tehnologii de realizare a structurilor dielectrice interpoli, publicată pe prima pagină a revistei IEEE-Electron Device Letters¹⁶⁴, citată până în 2017 de 52 de ori. Autorii acestei lucrări au primit Premiul Academiei Române „Tudor Tănăsescu” pe anul 1991.

Dr. Cornel Cobianu a fost primul director științific al Centrului de Microtehnologie (1991–1994), iar din 1994 până în anul 2000 a fost Șef al Laboratorului de „Straturi Subțiri” din IMT. În anul 1993, la sfârșitul unei burse TEMPUS în Universitatea Twente din Olanda, dr. Cobianu a câștigat primul proiect european de cercetare al IMT vizând tehnologii de senzori integrați („PORSIS” derulat între anii 1995–1998). Realizarea științifică la nivel mondial aferentă proiectului „PORSIS” a fost obținerea primului demonstrator de senzor integrat de gaze pe bază de strat senzitiv de SnO_2 procesat prin tehnologie sol–gel, lucrare care este citată până în anul 2017 de 62 de ori¹⁶⁵. În anul 1994, dr.



Dr. ing. Cornel Cobianu

Cobianu a fost cercetător invitat al Universității Twente, când a coordonat cu succes un program de doctorat finanțat de firma *Philips* (acum NXP) timp de 6 luni pe probleme de dielectrice interpoli pentru memorii semiconductoare EPROM. A fost invitat să țină seminarii științifice la *Jet Propulsion Laboratory* din Pasadena (USA),

¹⁶³ Cornel Cobianu, Cristian Pavelescu, *A theoretical Study of The Low Temperature Chemical Vapor Deposition of Silicon Dioxide*, în *Journal of the Electrochemical Society*, 130 1988 (1983).

¹⁶⁴ Cornel Cobianu, Ovidu Popa, Dan Dascălu *On the Electrical Conduction in the Interpolysilicon Structures*, în *IEEE Electron Devices Letters*, 14, 213 (1993).

¹⁶⁵ Cornel Cobianu, Cristian Savaniu, Pietro Siciliano, Simonetta Capone, Mikko Utriainen, Lauri Niinisto, *SnO_2 Sol–Gel Derived Thin Films For Integrated Gas Sensors*, în *Sensors and Actuators B* 77 (2001), p. 496–502).

IMEC (Belgia), Universitățile Tehnice din Helsinki (Finlanda) și Brescia (Italia) și Varșovia (Polonia).

În perioada 2000–2003, prof. Cobianu a predat cursurile de „Senzori” și „Optoelectronică” la Facultatea de Inginerie Electrică din Universitatea „Valahia” Târgoviște și a funcționat în paralel și ca profesor-cercetător invitat al Universității Twente din Olanda, unde a coordonat doctoranzi români și olandezi în procesul de cercetare de microsistem.

În perioada 2003–2017, dr. Cobianu a lucrat în cercetare industrială în Laboratorul de Senzori din București al companiei americane Honeywell International (v. secțiunea 4.3) Până în anul 2010, dr. Cobianu a ocupat poziția de Senior Technology Manager, iar din 2010 până în 2016 pe cea de „Chief Scientist”. Are peste 50 de patente acordate în USA, Europa, Canada și China¹⁶⁶.

Din 2017, dr. Cobianu lucrează la IMT București în cercetări avansate pe bază de nanomateriale carbonice de tip grafenă obținută atât prin metode CVD cât și din soluție. A contribuit la câștigarea unui „Proiect Complex” de nanomateriale avansate.

4.5.3. Miron Adrian Dinescu

Dr. **Adrian Dinescu** a absolvit Facultatea de Fizică a Universității București în 1993, la secția de Fizica Stării Solide, cu o lucrare de diplomă având ca subiect materialele magnetice amorfe. Diploma de Doctor în Fizică, a fost obținută în cadrul aceleiași facultăți în 2010, cu o lucrare cu titlul *Structurare la scară nanometrică prin utilizarea litografiei cu fascicul de electroni*.

Între 1993 și 1996 a lucrat în ICCE București, în Laboratorul de Optoelectronică, având ca preocupări dezvoltarea de celule solare cu siliciu, fotodetectori și detectori de culoare. În domeniul celulelor solare cu siliciu a stabilit o premieră națională prin fabricația de dispozitive cu suprafața texturizată cu piramide inversate, obținute prin corodarea anizotropă. O parte importantă a activității sale din acea perioadă a fost dedicată măsurătorilor optoelectronice și, în mod special, construcției unui banc optic de etalonare a detectoarelor de fum (în premieră în România), aparat care a intrat în dotarea unității de pompieri care efectua certificarea acestor detectoare la nivel național.

În 1997, Adrian Dinescu s-a transferat în cadrul Laboratorului de Simulare și Caracterizare Microfizică din IMT și și-a continuat activitatea în domeniul optoelectronicii prin dezvoltarea unor celule solare „corugate”, dispozitive neplanare, obținute prin corodarea față–spate a plachetelor de siliciu. În paralel, cunoștințele sale de electronică aplicată au fost utilizate pentru întreținerea și up-gradarea AFM-ului obținut de către IMT, în 1994, de la Universitatea Twente, iar experiența acumulată în microprelucrarea siliciului și-a găsit aplicabilitatea în dezvoltarea unor senzori de forță pentru microscopia de forță atomică.

¹⁶⁶ C. Cobianu, S.R. Shiffer, B.C. Serban, A.D. Bradley, M. Mihailă, „Pressure Sensor”, *US Patent 7,318,351* 2008; C. Cobianu, I. Georgescu, J.D. Cook, V. Avramescu, *Multifunctional multichip system for wireless sensing, US Patent 7,391,325*, 2008; I. Pavelescu, I. Georgescu, D.E. Guran, C. Cobianu „Integrated MEMS 3D multi-sensor, *US Patent 7,784,344*, 2010.

Din 2005, s-a ocupat de implementarea tehnicii de litografie cu fascicul de electroni. Între 2014 și 2015 a coordonat echipa tehnică a proiectului CENASIC (secțiunea 4.3.7). În 1999 a devenit șeful Laboratorului de Simulare și Caracterizare Microfizică, ulterior Laboratorul de Structurare și Caracterizare la scară nanometrică. Între 2014 și 2017, Adrian Dinescu a deținut funcția de Director Tehnic al IMT București. Din ianuarie 2017, el este Director General al aceluiași institut.

Adrian Dinescu este coautor a peste 100 de articole științifice în publicații indexate ISI, a avut 9 prezentări invitate în cadrul unor manifestări științifice internaționale, a fost director de proiect în 15 proiecte naționale și trei proiecte internaționale.

4.5.4. Mircea Dragoman

Mircea Dragoman este cercetător științific la IMT-București. A absolvit, în 1980, secția Radiocomunicații a Facultății de Electronică și Telecomunicații a IPB. În 1991 primește de la aceeași facultate titlul de doctor în Electronică cu teza *Proiectarea asistată de calculator a sistemelor radiante* conducător prof. dr. doc. Edmond Nicolau. Între 1991–1994 primește bursa Alexander von Humboldt și face studii postdoctorale în domeniul opticii, THz și a dispozitivelor electronice cuantice la Univ. Duisburg și Univ. Darmstadt, Germania și Istituto di Elettronica dello Stato Solido, Roma, Italia. A publicat 268 lucrări științifice din care 147 în reviste cotate ISI și 121 comunicări la conferințe științifice în țară și străinătate. Lucrările se referă la: nanoelectronică, microunde, MEMS, nanomateriale. Este coautor a șapte cărți publicate la Springer și Artech House (USA)¹⁶⁷.

Dr. Mircea Dragoman a proiectat și realizat o serie de circuite RF MEMS pentru domeniul microundelor și al undelor milimetrice. A implementat (2007) primul laborator din România pentru măsurători pe plachete a circuitelor de microunde până la frecvența de 65 GHz. A realizat primele dispozitive nanoelectronice de înaltă frecvență bazate pe materiale cu grosime atomică la nivel mondial.

În 2016 realizează primul tranzistor cu transport balistic la temperatura camerei, și primele porți cuantice pentru computere cuantice la temperatura camerei ambele bazate pe grafenă.

În 2017 realizează primele defazoare și arii de antene pentru comunicații 5G pe baza ferroelectricilor din familia HfO₂ având grosimea câtorva straturi atomice.

Este membru în IEEE Nanotechnology Council și promotor al electronicii la scară atomică.

¹⁶⁷ D. Dragoman, M. Dragoman, *Advanced Optoelectronic Devices*, Springer, 421 p. (1999); D. Dragoman, M. Dragoman, *Optical Characterization of Solids*, Springer, 450 p. (2002); D. Dragoman, M. Dragoman, *Quantum Classical Analogies*, Springer, 400 p. (2004); M. Dragoman, D. Dragoman, *Nanoelectronics. Principles and Devices*, Artech House, Boston, USA (2006), ediția 1, 420 p. (2006); M. Dragoman, D. Dragoman, *Nanoelectronics. Principles and Devices*, Artech House, Boston, USA (2009), ediția 2, 500 p. (2009); D. Dragoman, M. Dragoman, *Bionanoelectronics*, Springer 2012, 350 p.; D. Dragoman and M. Dragoman, Sheng Wu Na Mi Dian Zi Xu, *Bionanoelectronics*, Chinese Edition, Science Press, 2015; M. Dragoman and D. Dragoman, *2D Nanoelectronics, Physics and Devices of Atomically Thin Materials*, Springer, 2017.

A fost profesor invitat al CNR – Istituto di Electronica dello Stato Solido-Roma (1996), Univ. Saint-Etienne – Franța (1997), Univ. Mannheim (1998–1999, 2001–2002), Univ. Frankfurt (2003), Univ. Darmstadt (2004); în perioada 2005–2010 a fost numit Directeur de recherche la CNRS-Toulouse în domeniul nanoelectronicii. A ținut peste 50 de comunicări invitate în UE și 3 cursuri universitare în Franța (Nanoelectronica, 2005–2006), Germania (Fenomene neliniare, 1992), Procese tehnologice avansate (UPB, din 2008). Are H index 27 (Google citations).

În anul 1999 a primit Premiul Academiei Române „Gh. Cartianu”.

4.5.5. Irina Klepș



Dr. chim. Irina Klepș

Irina Klepș s-a născut în 1949, a absolvit Facultatea de Chimie Industrială, Universitatea Politehnică București, în 1973 și a devenit doctor în chimie (UPB) în 1998, tema tezei fiind *Filme subțiri utilizate în microelectronică*. A lucrat din 1973 la ICCE, în Laboratorul de tehnologie dispozitive semiconductoare, acumulând o experiență în tehnologia siliciului. A contribuit la înființarea Laboratorului de Nanotehnologii din IMT București în 1996 și a coordonat activitatea acestui Laborator până în 2010. În 2001, Laboratorul de Nanotehnologii a devenit Centru de Excelență în Nanotehnologii printr-un proiect suport (PNCDI, Relansin; 2001–2004), iar în 2002 a fost plasat sub egida Academiei Române, sub titulatura „Centrul de Nanotehnologii”.

A efectuat stagii de lucru în străinătate: Universitatea din Padova (grant FP3 PECO, 1993), Institutul de Materiale Avansate din Padova, Italia (grant NATO, 1996), Institutul de Știința Materialelor din Madrid, Spania și IMEL, Atena (colaborări bilaterale 1997, 1998), Institutului Microtehnice din Mainz (FP5, EMERGE, 2001).

A inițiat în IMT utilizarea siliciului nanostructurat în optoelectronică (a câștigat unul din primele proiecte internaționale din IMT – FP4 INCO-COPERNICUS „Silicon based light emitting diodes – SBLED” (1998–2000)), dar și realizarea filmelor subțiri de diamant (DLC) și carbură/carbonitrură de siliciu depuse prin LPCVD cu aplicații în surse de emisie electronică în câmp, ex. senzori de presiune bazați pe emisia în câmp¹⁶⁸. În 1999 a demarat o colaborare bilaterală cu Italia (ICTIMA–CNR) în domeniul ultramicro/nanoelectrozilor, care s-a dezvoltat în timp și a condus la o serie de rezultate brevetate/ publicate în articole științifice care au obținut peste 70 citări și premii internaționale. A publicat un capitol pe această temă în *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology* (American Sci. Publishers)¹⁶⁹. Este importantă de asemenea inițiativa de a testa

¹⁶⁸ *Study of porous silicon, silicon carbide and DLC coated field emitters for pressure sensor application*, I. Klepș et al, SOLID-STATE ELECTRONICS volume: 45 Issue: 6 Pages: 997–1001 Published: JUN 2001.

¹⁶⁹ *Electrochemical nanoelectrodes*, I. Klepș, în *Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology*, H.S. Nalwa (Ed.), American Scientific Publishers, 793– 817, 2004.

filmele nanostructurate dezvoltate pentru aplicații biomedicale și de a integra elemente nanostructurate în biosenzori pentru îmbunătățirea limitelor de detecție, această direcție devenind în timp una din ariile principale de cercetare ale laboratorului, cu rezultate brevetate/publicate în mai mult de 30 articole. A fost director sau responsabil de proiect pentru 7 proiecte europene (NATO, FP3-FP7), 10 proiecte bilaterale (Italia, Spania, Grecia, Franța), 10 proiecte naționale (PNI, PNII, etc), câștigate în competiții.

A atras tineri absolvenți chimiști, dar și fizicieni, pe care i-a încurajat să vină cu noi teme de cercetare și să urmeze stagiile doctorale în conexiune cu domeniile de interes. În 2010, la pensionare, Laboratorul de Nanobiotehnologii avea cea mai mică medie de vârstă din IMT, contribuind însă cu un număr semnificativ de proiecte de cercetare și articole științifice.

4.5.6. Mihaela Kusko

Născută în 1975, **Mihaela Kusko** a absolvit Facultatea de Fizică, Secția Fizica Stării Solide, Universitatea București (UB), în 1998 și a devenit doctor în fizică (UB) în 2006. A fost angajată în Laboratorul de Nanotehnologii din IMT, condus de dr. I. Klepș, în cadrul proiectului FP4 INCO-COPERNICUS „Silicon based light emitting diodes – SBLED” (1998–2000). A avut astfel oportunitatea de a continua activitatea de cercetare începută în timpul Facultății de Fizică, când, sub coordonarea prof. dr. I. Munteanu și a dr. M. Ciurea, a contribuit la realizarea unui studiu teoretic, al nivelelor de captură din straturi proaspete de siliciu nanostructurat (siliciu poros) ale cărui rezultate au stat la baza lucrării de licență.



Dr. fiz. Mihaela Kusko

A efectuat stagii la Institute for Microtechnik Mainz, Germania (2001, 2002) în cadrul proiectului „Fabrication of nanoelectrodes – Metallics”, în programul EMERGE, FP5 și a contribuit la dezvoltarea unei tehnologii de fabricație a unor senzori electrochimici integrați pe bază de rețele de nanoelectrozi piramidali.

În 2003 câștigă un proiect pentru realizarea unui dispozitiv integrat pe siliciu, pentru eliberarea controlată a medicamentelor (DeSiRe, PNI, 2003–2005). În 2007 câștigă două proiecte naționale dedicate studierii de noi materiale nanocompozite pe siliciu (PNII–IDEI) și respectiv obținerii unei celule de combustie cu combustibil lichid (metanol/etanol) pentru alimentarea sistemelor electronice portabile (PNII–Parteneriat).

Din 2010 coordonează Laboratorul de Nanobiotehnologii și continuă activitatea de deschidere a laboratorului către noi direcții de cercetare, dar și de atragere a tinerilor absolvenți. Este responsabil IMT în 2 proiecte europene în domeniul nanotoxicologiei: FP7-IP NanoValid (2011–2015), care este unul din cele două proiecte „nanosafety

flagship” și respectiv LIFE+ iNanoTool (2012–2015). Nu abandonează nici direcția de dispozitive pentru aplicații biomedicale și, în 2013 câștiga proiectul MultiPlexGen PNII care propunea dezvoltarea unei platforme de detecție duală, multiplexată pentru diagnosticare.

Are 45 de articole ISI (la 12 fiind autor principal) care au acumulat peste 280 citări (fără auto-citări, Web of Science), 4 lucrări invitate, 2 brevete de invenție și a câștigat 6 proiecte naționale în calitate de director de proiect și 3 ca responsabil IMT. A făcut parte din comisia de îndrumare a 4 teze de doctorat (2 susținute cu succes la Facultatea de Fizică, UB, respectiv Universitatea Politehnica București). Conduce un proiect de cercetare exploratorie (PCE-PNIII) și un proiect de cercetare aplicativă (PED-PNIII) care abordează dispozitivele de stocare de energie.

4.5.7. Mihai Mihăilă



Dr. Mihai Mihăilă

Născut în 1948, **Mihai Mihăilă** a absolvit, în 1971, secția Ingineri fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din IPB. În 1997, a primit în UPB titlul de doctor inginer, conducător acad. Mihai Drăgănescu. Este membru corespondent al Academiei Române.

Între 1971 și 2003, a lucrat la ICCE (din 1996, la IMT București, unde a revenit în 2015). Între 2003 și 2015 a activat, ca cercetător senior principal, la Advanced Technology Center (2003–2005), apoi la Sensors and Wireless Laboratory (2005–2015) ale firmei Honeywell-România.

Dintre cele mai importante rezultate științifice obținute sunt cele referitoare la descoperirea mecanismelor de excitare fononică în zgomot $1/f$ și identificarea mișcării de vibrație termică a atomilor de suprafață și de volum ca fiind sursa microscopică fundamentală de zgomot $1/f$ în solid¹⁷⁰. A propus o nouă metodă de spectroscopie (spectroscopia de zgomot $1/f$), cu ajutorul căreia se pot determina energiile de vibrație termică ale atomilor și moleculelor, inclusiv cele ale unei singure molecule¹⁷¹. A patentat, dezvoltat și aplicat această metodă la caracterizarea nanomaterialelor și la recunoașterea moleculară. În 2014, a stabilit o legătură între răspunsul oxizilor metalici la diverse molecule și energiile de vibrație ale atomilor oxidului și moleculelor.

¹⁷⁰ a) M. Mihăilă, *Phonon observations from $1/f$ noise measurements*, Physics Letters 104A, 1984, pp. 157–158; b) M. Mihăilă, *Phonon fine structure in the $1/f$ noise of metal, semiconductors and semiconductor devices*, în *Noise in Oscillators and Algebraic Randomness*, Lecture Notes in Physics, edited by M. Planat, Springer Verlag, 2000, pp. 216–231; c) M. Mihăilă, *Low-frequency noise in nanomaterials and nanostructures*, în *Noise and Fluctuations Control in Electronic Devices*, edited by A. Balandin, American Scientific Publishers, 2002, pp. 367–385.

¹⁷¹ a) M. Mihăilă, *System of phonon spectroscopy*, US 7612551 B2 patent, Nov. 3, 2009; b) M. Mihăilă, *Correlations phonon spectrum-sensitivity in metal-oxide gas sensors*, Procedia Engineering 87, 2014, pp. 1609–1612.

Are peste 125 de lucrări publicate și comunicate în țară și străinătate (Solid-State Electronics, Physics Letters, Fluctuations and Noise Letters, Electrochimica Acta, RCS Advances etc.), 20 brevete de invenție SUA (alte 23 fiind înaintate), 8 brevete de invenție europene și o serie de brevete în alte țări (Japonia, China, India, România). A primit Premiul „Dragomir Hurmuzescu” al Academiei Române (1985), pentru „contribuții la studiul zgomotului $1/f$ în dispozitive semiconductoare”.

4.5.8. Gabriel Moagăr-Poladian

Dr. **Gabriel Moagăr-Poladian** s-a născut în București (1965) și a absolvit Facultatea de Fizică Tehnologică a Universității din București (1990), secția Materiale Electrotehnice și Dispozitive cu Semiconductoare. A lucrat apoi (1990–1992) în cadrul Institutului de Optoelectronică ca cercetător în domeniul senzorilor pentru domeniul infraroșu îndepărtat pentru sisteme de termoviziune și cercetător în cadrul Biotehnos S.A. (1992–1994). Din 1994 lucrează ca cercetător științific la IMT. În 1999 a obținut titlul de doctor în fizică al Universității București în domeniul optoelectronicii/fizicii cu corp solid. Domeniile de interes sunt: 3D Printing la scară micro-nano și la scară macro, 3D Printing de circuite integrate, microsenzori, micro și nanostructuri cu proprietăți controlate, nanolitografie de tip SPM (Scanning Probe Microscopy), optoelectronică, aplicațiile opticii/fotonicii în domeniul fabricării structurilor MEMS/NEMS.



Dr. Gabriel Moagăr-Poladian

Este cofondatorul și coordonatorul Laboratorului Experimental de 3D Printing din cadrul IMT-București începând cu anul 2007. A coordonat/coordonează 10 proiecte naționale și a participat în peste 15 proiecte naționale. A fost/este responsabil de proiect internațional din partea IMT în 2 proiecte (ENIAC, ECSEL-H2020) dedicate industriei autovehiculelor electrice, proiecte în care este responsabil de activități în cadrul cărora lucrează cu echipe internaționale (Germania, Olanda, România). Lucrări publicate și brevete: 25 de publicații ISI și prezentări la conferințe internaționale, 20 brevete naționale, 2 brevete internaționale.

Printre altele, a conceput și demonstrat experimental un neuron optic pentru calculatoare optice citat în anul 2000 de Inside R&D, John Wiley & Sons¹⁷². A conceput utilizarea senzorilor MEMS pentru măsurarea de înaltă precizie a parametrilor curentului electric pe liniile de înaltă tensiune.

A conceput și demonstrat un senzor de torsiune pentru automobile electrice, intrinsec liniar și cu grad sporit de redundanță. Este inventator al unei noi metode de 3D Printing la scară micro-nano folosind sisteme de tip fountain pen nanolithography asistate optic (brevet european), metodă cu aplicații în fonică 3D și Lab-on-Chip

¹⁷² H. Goldstein, *New Structure Proposed For All-Optical Neurons*, Inside R&D, vol. 29, no. 13, p. 2, March 29, 2000.

și al unei noi metode de 3D Printing la scară macro cu fascicol focalizat de ultrasunete (brevet european) etc.

4.5.9. Carmen Moldovan



Dr. ing. Carmen Moldovan

Dr. ing. **Carmen Moldovan** s-a născut în anul 1958, la Craiova. A absolvit în 1983 Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Dispozitive și Circuite electronice, din cadrul Politehnicii București.

După absolvirea facultății a lucrat la Micro-electronica (1984–1995), în secția de Fabricație CMOS ca inginer de proces la Fotolitografie și Măști, ocupându-se de dezvoltarea și monitorizarea tehnologiilor de circuite integrate (CMOS, NMOS și PMOS) de rezoluție 3–7 micrometri pentru producție, îndeosebi procese de fotolitografie, corodare umedă și uscată, control de defecte și analiză parametri de proces pentru îmbunătățirea randamentelor de procesare. În perioada 1995–1996 și-a desfășurat activitatea în Laboratorul de Fotolitografie al IMT, în domeniul MEMS și noi structuri pentru Microsenzori.

Din 1996 conduce Laboratorul de Microsisteme pentru Aplicații biomedicale și de Mediu din IMT-București. Are activități științifice în domeniile: a) Senzori rezonatori, accelerometre, microarrays, senzori ISFET, Nanowire transistor, senzori de presiune, biosenzori, microsisteme inteligente pentru aplicații biomedicale și de mediu; b) Platforme și sisteme – Platforma pentru detecția pesticidelor; Aparat portabil pentru detecția precoce a infarctului de miocard acut; Platforma pentru detecție și monitorizare sindrom metabolic; c) Tehnologii MEMS și NEMS.

În 2002 a obținut titlul de doctor în Microelectronică cu teza: *Microsenzori rezonatori integrați* și s-a specializat în Tehnologii Micro/Nanoelectronice (Simulare, modelare microstructuri electromecanice; Proiectare și design structuri electromecanice (MEMSCAD, L-edit, Clewin); tehnologii MEMS (microprelucrare de volum și de suprafață): proiectare și realizare tehnologică de senzori și microstructuri, tehnologii mixte, integrarea dispozitivelor pe substrat de siliciu, sticlă sau ceramică în platforme (fluidice, electronice, achiziție de date, interfețe grafice GUI); Integrare mixtă de Dispozitive și Sisteme.

Dr. Carmen Moldovan a fost director tehnic al IMT (2002–2008); director sau responsabil de proiect pentru 20 proiecte naționale (PNII, PN III, ROSA – STAR etc) și 15 proiecte europene (FP6, FP7, ERANET, Eureka). Are 120 lucrări publicate în Jurnale ISI, capitole de cărți și prezentate la Conferințe internaționale, 7 brevete publicate, 655 citări; membră a Consiliului Științific al IMT din 2009, realeasă până în 2021. A fost unul din cei 25 membri, experți ai Grupului de lucru ISTAG (IST Advisory Group) al Comisiei Europene, în perioada 2011–2013, cu rol în pregătirea H2020; Membră a NEXUS Steering Committee, IEEE Senior Member.

4.5.10. Alexandru Müller

Alexandru Müller s-a născut în 1949, a absolvit Facultatea de Fizică de la Universitatea București (1972), devenind doctor în anul 1990 (coordonator: prof. G. Dima). A lucrat exclusiv la ICCE, începând din 1972 (din 1996, la IMT-București). A fost șeful colectivului de diode de microunde din cadrul Laboratorului de microunde din ICCE din 1976. Din 1996 este șeful Laboratorului de „Structuri Microprelucrate, Dispozitive și Circuite pentru Aplicații în Microunde” din IMT București.



Dr. fiz. Alexandru Müller

În perioada ICCE a proiectat și realizat numeroase dispozitive semiconductoare de microunde pe siliciu și pe GaAs. A elaborat model original pentru comportarea în comutație a diodelor pin cu baza subțire, cu rezultate practice pentru maximizarea sarcinii stocate (și a eficienței)¹⁷³. Dispozitivele reproiectate conform acestor calcule au fost folosite în radare de pe avioane militare, având performanțe mai bune decât cele ale unor dispozitive similare importate din vest.

În IMT a fabricat primele elemente pasive de circuit pentru microunde având ca suport o membrană dielectrică ($\text{SiO}_2/\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$) subțire (1.5 μm), obținute prin microprelucrarea siliciului. *Prioritatea europeană*, în abordarea acestei tehnologii a grupului din IMT a fost atestată prin publicarea rapidă a rezultatelor (primele publicații ale unor rezultate europene¹⁷⁴). Ca urmare, în 1997, a câștigat, în calitate de coordonator, Proiectul European FP4 „Micromachined Circuits for Microwave and Millimeter Wave Applications” MEMSWAVE (1998–2001). A fost unul din primele proiecte europene în domeniul RF-MEMS, având 9 parteneri din 6 țări. Rezultatele proiectului și nominalizarea acestuia pentru Premiul Descartes au fost deja prezentate în secțiunea 4.3.3, la fel ca și proiectul MIMOMEMS „Centru European de Excelență în Microunde, Unde-milimetrice și Dispozitive Optice bazate pe Sisteme Micro-Electro-Mecanice pentru Senzori și Sisteme Avansate de Comunicații” (2008–2011). În prezent coordonează proiectul H2020 Marie Curie – SelectX „Integrated Crossbar of Microelectromechanical Selectors and Non-Volatile Memory Devices for Neuromorphic Computing” (2016–2018).

A coordonat grupul IMT în proiectele europene: FP6 Network of Excellence (NoE) în RF MEMS, AMICOM (2003–2007) (coordonat de CNRS-LAAS Toulouse); Proiectul integrat (IP) FP7 SMARTPOWER (2011–2016) (coordonat

¹⁷³ A. Müller, S. Voinigescu, *Heavy Doping Effects on the I–V and Stored Charge Characteristics of Narrow Base PIN Diodes*, Solid State Electronics 1989, 32, 8, pp. 593–601; S. Voinigescu, A. Müller et. al., *Auger Recombination in Heavily-Doped p+ Silicon*” Solid State Phenomena, 1989, 6, pp. 315–322.

¹⁷⁴ A. Müller et. al, *Dielectric membrane support*, European Semiconductor, 1997, 11, 9, pp. 27–28; A. Müller et. al, *Dielectric and semiconductor membranes as support for lumped elements and coplanar waveguides*, Proc. MME '97, Southampton, UK, pp. 59–62.

de Thales TRT, Paris)¹⁷⁵; ENIAC (Inițiativa Europeană în Nanoelectronică conectată progra-mului FP7): „MERCURE” (2010–2014) (coordonat de Thales TRT, Paris); și „SE2A” (2008–2012), coordonat de NXP Semiconductors (Philips), Nijmegen. A coordonat 13 proiecte naționale în PN I, CEEEX, PN II (Parteneriate, Capacități, IDEI), și STAR, proiecte câștigate prin competiție. În acest moment este implicat în proiectul PN-III-P4-ID-PCE-2016-0803 „Investigarea modurilor de propagare Sezawa în dispozitive SAW operând în domeniul GHz, realizate pe GaN/SiC și GaN/Si” (2017–2019).

Are peste 50 de articole publicate în reviste de specialitate de renume, la majoritatea fiind autor principal. A participat cu peste 100 de lucrări la conferințe internaționale. A scris capitole în cărți publicate de editurile Springer, Francis & Taylor, Academiei Române. A fost editor la 13 volume publicate în Editura Academiei Române.

Dr. A. Müller este abilitat pentru conducerea de doctorate în domeniile electronică, telecomunicații și tehnologia informației. A fost „Directeur de recherche” invitat, pe o perioadă de 6 luni, la LAAS CNRS Toulouse (2003). Între 1999 și 2011 a fost președintele Consiliului Științific al IMT București. A primit Premiul Tudor Tănăsescu al Academiei Române în anul 2002 pentru activitățile științifice legate de proiectul European MEMSWAVE.

4.5.11. Raluca Müller



Dr. Raluca Müller

Director științific al IMT în ultimul deceniu și director general al Institutului (iulie 2011–ianuarie 2017), dr. **Raluca Müller** s-a născut la București în anul 1954. A absolvit, în 1978, Institutul Politehnic București – Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Componente și Dispozitive Electronice. A obținut titlul de Doctor (*Magna cum laudae*) la Universitatea „Politehnica”, București, Facultatea ETTI în 2000, în specialitatea: inginerie electronică și telecomunicații, titlul tezei: *Sisteme optoelectronice integrate în tehnologia siliciului* (conducător doctorat: acad. Dan Dascălu).

A lucrat la ICCE (1978–1994) în cadrul Laboratorului/Secției de Dispozitive discrete și a Laboratorului de Microunde). Principalele realizări au fost: proiectare/realizare și caracterizare tranzistoare JFET duale; senzori magnetici Hall (în tehnologie MOS).

Din 1994 lucrează în IMT în Laboratoarele de Fizica și Tehnologia Straturilor Subțiri, Microoptică și *Simulare, modelare și proiectare asistată de calculator*, la care

¹⁷⁵ Senzorii de temperatură bazați pe dispozitive SAW fabricate pe GaN/Si au fost folosiți pentru a monitoriza temperatura unui front-end pentru un sistem radar realizat de firma Thales TRT, coordonator al proiectului.

este șef de laborator din 2002. A proiectat și realizat elemente de optică integrată pe siliciu; a realizat și caracterizat structuri MEMS: microconsole, membrane, micro-manipulatoare; a proiectat și realizat microsenzori integrați cu detecție optică (de presiune, chimici, biosenzori), senzori microfluidici. A avut contribuții la dezvoltare tehnologiei MEMS și a senzorilor optici.

R. Müller a fost, în perioada 2002–2009, directorul Departamentului Dezvoltări în Tehnologia Informatică (transformat în 2007 în Centru de Servicii științifice). Din 2009 devine: director științific (prin concurs), iar în perioada iulie 2011–ianuarie 2017, director general, cu delegare. Începând cu anul 2003 este membru în Consiliul științific al IMT. A fost implicată, ca director general (2011–2015), în implementarea unui proiect dificil „*Centru de cercetare pentru nanotehnologii dedicate sistemelor integrate și nanomateriale avansate pe baza de carbon*”, CENASIC (v. secțiunea 4.3.7). În prezent coordonează un proiect din Fonduri structurale, cu titlul: „*Parteneriat în exploatarea Tehnologiilor Generice Esențiale, utilizând o PLATformă de interacțiune cu întreprinderile competitive (TGE-PLAT)*”, POC/77/08.09.2016, prin care se colaborează, cu firme din România, în domeniile microsenzori, componente fotonice și dispozitive și sisteme pentru unde milimetrice submilimetrice și în domeniul Terahertzilor – pentru (sub)direcția de specializare inteligentă „Securitate”.

R. Müller a coordonat numeroase proiecte naționale științifice și proiecte de rețele de laboratoare, cum au fost MINAMAT-NET (Rețea de laboratoare de caracterizare a materialelor utilizate în micro și nanoinginerie) – (2001–2004), care a reunit 8 parteneri români, iar în perioada 2005–2008 Nanoscaleconv (Rețea de servicii științifice de structurare și caracterizare la scară nanometrică, cu aplicații în dezvoltarea de tehnologii convergente), care a reunit 11 parteneri din institute de cercetare și universități din țară, proiect prin care s-a cumpărat primul echipament pentru nanolitografie (EBL – Electron Beam Litography) din România, a cărui utilizare a permis IMT realizarea primelor dispozitive nanoelectronice și participarea în numeroase proiecte europene.

Raluca Müller a fost implicată în proiecte internaționale, de diferite tipuri, proiecte europene FP6 și FP7 (Leonardo da Vinci), ERANET, bilaterale inter-guvernamentale, fiind responsabil pentru partea română: *scientist in charge* în FP6 pentru IMT pentru diferite instrumente: rețele de training (RTN Marie Curie – ASSEMIC), rețele de excelență (PATENT pentru WP2 Simulare), CA „concerted action” (IPMMAN), care au avut ca scop elaborarea unor strategii în domeniul micro-nanotehnologiilor. Aceste proiecte au fost în ariile tematice NMP, IST, respectiv ICT, sau Long Life Learning (Leonardo da Vinci) și proiecte de cercetare (FP6: WAPITI, și FP7: CATHERINE – participant).

Activitatea științifică s-a concretizat în peste 150 de lucrări științifice prezentate la conferințe naționale și internaționale și publicate în reviste internaționale de prestigiu (autor și coautor) și un brevet. Sunt selectate câteva reviste ISI în care s-au publicat lucrări legate de dispozitive MEMS, senzori optici integrați, actuatori electrotermici pentru micromanipulare: Journal of Micromechanical and Microengineering 1997; Sensor & Actuators 1999; 2011; Journal of Luminescence 2006, Sensor Letters – 2008, Thin Solid Films 2009; Analog Integrated Circuits and Signal

Processing 2014, 2015; Microsystem Technologies 2016, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 2016.

5. EVOLUȚIA ȘCOLII ROMÂNEȘTI DE ELECTRONICĂ NUCLEARĂ¹⁷⁶, ÎN SPECIAL PARTEA DE „FRONT-END ELECTRONICS”

Gheorghe Pascovici

5.1. INTRODUCERE

Electronica nucleară este fără îndoială parte componentă, de infrastructură a fizicii atomice și nucleare, a fizicii plasmei și radiațiilor și a multora din aplicațiile lor, cuprinzând în primul rând, ansamblul problemelor legate de detectarea radiațiilor și a dezvoltării metodelor de măsură și a instrumentației electronice asociate pentru măsurarea lor. Născută la începutul secolului al XX-lea, electronica nucleară a jucat și joacă un rol decisiv în dezvoltarea instrumentației științifice generale, în întreg secolul al XX-lea și în continuare. Domeniul electronicii nucleare se extinde și la aplicațiile legate de tehnicile nucleare, care invariabil implică și dezvoltarea unei instrumentații specifice care să asigure funcționarea, calibrarea, întreținerea corectă, atât a marilor complexe energetice (bazate pe fisiunea sau fuziunea nucleară), cât și a multitudinilor de structuri de acceleratoare de particule încărcate.

Electronica nucleară este de interfață, cu o structură multidisciplinară, între spectrometria nucleară (cu tot avantajul de radiații nucleare, particule încărcate sau neîncărcate, de mase și energii foarte diferite și toate detectoarele de radiații asociate măsurării lor) și electronica clasică de măsură, control și prelucrarea informației și în special cu partea de componente electronice cu semiconductori, dezvoltate în baza tehnologiilor de microelectronică și nanoelectronică. Prin situarea ei la interfață, nu este de mirare că, la diferite etape de timp, în dezvoltarea ei, s-au remarcat, adeseori, aspectele de „sinergie”, prin împletirea ideilor creative din domeniul fizicii materialelor, a interacției radiațiilor nucleare cu substanță și până la detectarea și apoi prelucrarea electronică a informației provenită de la detectori. Sinergie atât la nivelul interacțiunilor umane directe, dar și instituțională, atât la nivel național, cât și internațional.

¹⁷⁶ Resursele umane pentru industria de semiconductori (microelectronică) și electronica nucleară pot fi privite – istoric vorbind – ca două ramuri plecând din aceeași tulpină. Ne referim, desigur, la secția de *ingineri fizicieni* a facultății de Electronică și Telecomunicații a Politehnicii din București. Pe de altă parte, ca o tehnologie de avangardă, dezvoltarea electronicii nucleare a avut întotdeauna nevoie de ultimele tipuri de componente și sisteme electronice, de la calculatoarele cu tuburi electronice, la circuitele integrate specializate (ASIC, Application Specific Integrated Circuits). Cu privirea îndreptată spre viitor, sperăm ca micro- și nanotehnologiile disponibile pe platforma Băneasa (la IMT București) să fie într-adevăr aplicate pentru structurile experimentale (tintele) care vor fi folosite în experimentele ELI – NP (Extreme Light Infrastructure – Nuclear Physics), pe platforma Măgurele (Dan Dascălu).

Odată cu impetuoasa dezvoltare a fizicii nucleare experimentale de la mijlocul anilor '50, în primul rând în cadrul institutelor și/sau laboratoarelor naționale destinate cercetărilor nucleare, dar în special în cadrul CERN (Centrul European pentru Cercetări în domeniul Nuclear, înființat în 1954), s-au cercetat și dezvoltat o multitudine de detectoare de radiații nucleare. La începutul anilor '60, prin diversificarea și complexitatea sporită a acestor detectoare de radiații nucleare, prin consecință, inerent și cerințele impuse instrumentației nucleare asociată procesului de măsurare și control au sporit corespunzător.

Partea de prelucrare a informației provenită de la detectoarele de radiații nucleare fie sub formă de procesare analogică, fie digitală, cuprinde două părți distincte:

a) prima parte, cuplată intim cu detectorul de radiații nucleare, este de fapt partea care convertește optim semnalele de la detector (fie de sarcină, curent, tensiune, fie induse electromagnetic) și le transformă de regulă în semnale electrice standard de tensiune electrică, care pot fi transmise etajelor următoare (procesoare analogice – filtre, amplificatoare, condiționări temporale sau de amplitudine). Electronica nucleară din anii 1960–1990 definea acest capitol ca parte de *front-end electronics* (adeseori menționată ca „FEE”). Este fără îndoială partea specifică electronicii nucleare, dar structura și componența ei au variat semnificativ de-a lungul anilor.

b) partea a doua cuprindea, în prima etapă, convertorii-analog digitali, urmată apoi de stocarea temporară sau permanentă și prelucrarea digitală preliminară a informației. În această parte, metodele de prelucrare a informației sunt mai curând preluate din domeniile electronicii de telecomunicații (analiză, prelucrare de formă de impulsuri, transmiterea impulsurilor etc.), cât și din tehnicile de calcul și mai ales tehnologiile specifice de informatică.

De-a lungul anilor au fost mai multe tendințe în evoluția arhitecturilor electronice, dar un prim efort și succes de soluționare, inițiat de marile laboratoare naționale din SUA, la începutul anilor '60, a fost acela de modularizare și apoi standardizare a electronicii de interfață, plasată în imediata apropiere a detectoarelor de radiații nucleare. Acest efort de modularizare a fost impus și pentru a stopa tendința alternativă existentă la acea perioadă și anume aceea de a dezvolta câte o instrumentație nucleară specifică, complexă, dedicată fiecărui tip de detector în parte și care devenea astfel incompatibilă (atât din punct de vedere fizic, cât și electric) cu celelalte tipuri de detectoare de radiații nucleare, dar chiar cu dezvoltările proprii ulterioare. Evoluția standardelor modulare din domeniul electronicii nucleare, pornind de la standardul **NIM** (Nuclear Instrument Module), apoi standardul **CAMAC** (Computer-Aided Measurement And Control) și **FASTBUS** (standard IEEE 960) este prezentată într-o formă succintă.

Începutul anilor '90 poate fi considerat ca un moment istoric, de cotitură, pentru electronica nucleară, în care sistemele modulare NIM și CAMAC își pierd puternic din importanță și utilitate. De altfel, la mijlocul anilor '90 sistemul modular CAMAC a fost declarat învechit („obsolete”), iar sistemul modular NIM mai trăiește pentru o perioadă de timp, dar cu funcții minore, mai curând de infrastructură decât de procesare analogică propriu-zisă; chiar și sistemul VME nu mai este recomandat

pentru dezvoltări noi, dar există desigur alte sisteme modulare mult mai performante, atât ca viteză de comunicare, posibilități de sincronizare multiplă etc.

Esențial este că structura componentelor din partea de FEE s-a modificat substanțial, convertorii analog-digitali, de tip *pine-line* ultrarapizi, împreună cu structuri moderne de **FPGA (Field-Programmable Gate Array)** și **DSP (Digital Signal Processing)** intră în componența FEE, ceea ce a făcut ca puterea de analiză a formei semnalelor de la preamplificatori, în timp real, cât și partea de preprocesare a semnalelor să crească semnificativ. Această migrare a fost impusă de modificările structurale ale ansamblelor de detectori de la marile acceleratoare de particule și de complexitatea detectorilor. Dacă detectorii de radiații precedenți solicitau preponderent măsurători precise doar ale energiei și timpului, în cazul detectorilor moderni, datorită structurii complexe și a segmentării lor, numărul de canale spectrometrice a crescut cu 1–3 ordine de mărime, în plus în afara energiei și timpului, prin corelarea semnalelor și algoritmilor de prelucrare a semnalelor se poate reconstitui locul interacției și/sau „urma” întregului traseu de interacție în ansamblul detectorului. Prin structura intrinsecă complexă și prin segmentarea detectorilor de radiații, a crescut fantastic numărul de parametri pe ansamblul de detector (depășind cu mult numărul de sute de mii, chiar milioane de parametri) astfel încât doar integrarea de structuri FPGA și/sau DSP nu a mai fost suficientă. Soluția a fost găsită prin implementarea structurilor **ASIC** (prescurtare de la **Application-Specific Integrated Circuit**), respectiv a unor circuite integrate specializate, dezvoltate și produse exclusiv pentru o anumită aplicație. Pe această cale, s-au putut integra succesiv, majoritatea funcțiilor specifice electronicii nucleare de interfață cu detectorul de radiații, respective preamplificatoarele de tensiune, de curent sau chiar cele sensibile la sarcină dar și etajele următoare de prelucrare analogică, spre exemplu amplificatoarele cu filtrare în domeniul frecvență, prelucrarea neliniară de formă de impuls sau chiar cele specifice extragerii informației temporale și alte funcții specifice.

5.2. ELECTRONICA NUCLEARĂ ÎN ROMÂNIA, SCURT ISTORIC

Electronica nucleară s-a născut în România în anii '50 și are rădăcini adânci în structura și obiectivele Institutului de Fizică Atomică (IFA). Nașterea domeniului s-a făcut sub conducerea prof. T. Tănăsescu, care încă de la începuturile IFA a fost și Director tehnic, și șeful Secției de Radiofizică din care s-a format sectorul de Electronică Nucleară cu un nucleu de proiectare. Parcursul și evoluția electronicii nucleare a urmat în mare, cam același traseu cu electronica nucleară în marile centre de cercetare din lume, desigur corelat cu capacitățile economiei naționale. În continuare se prezintă realizările remarcabile ale domeniului, pornind de la primele calculatoare românești CIFA-1 (sub conducerea lui V. Toma), apoi CIFA-101 (A. Segal și colab.) și IFAC-1 (G.Meiltz și colab.) și primele dezvoltări din colectivele de proiectare electronică, cu precădere activitățile specifice dezvoltărilor de electronică nucleară modulară NIM și CAMAC.

Sunt amintite succesele dezvoltărilor de electronică nucleară rapidă de la Ciclotronul IFA (M. Molea și R. Dumirescu), succese bazate și pe **sinergia** specifică, manifestată între grupele de fizicieni experimantatori și cele de ingineri electroniști de la **Ciclotronul IFA** și mai apoi, la noul accelerator **Tandem FN 7.5 MV** (up-gradat la 9MV) și apoi la instalația de postaccelerare de ioni grei de la Tandem. Sistemul de comandă–control al instalației de postaccelerare ioni grei este una din instalațiile de fizică și electronică nucleară de cea mai mare complexitate, din cadrul Programului de Fizica Ionilor Grei, care a fost concepută ca o rețea distribuită de comandă–control, bazată pe structuri de microprocesoare și minicalculatoare de proces, cu o nouă arhitectură de sistem, care a fost remarcată și apreciată internațional.

Alături de dezvoltările de electronică nucleară modulară NIM și CAMAC se prezintă și o instalație specializată, realizată integral cu module CAMAC, destinată îmbunătățirii raportului semnal/zgomot prin mediere digitală. De asemenea, sunt prezentate și câteva modele de analizoare multicanal care au urmat un ciclu complet, de la cercetare–proiectare și până la nivel de producție, serie mică (unele dintre ele, reproduse chiar și la centre mari de cercetare din străinătate). Printre acestea, se prezintă analizorul transportabil AMCT-500 (F. Constantin și colab.) și analizorul multicanal cu interfață IBM (Nelu Mihai și V. Cătănescu).

Perioada de după 1990, un nou start prin accesul la marile Cooperări Internaționale Multinaționale (în special CERN, FAIR-GSI), dar și la **colaborările internaționale bilaterale**. După 1990, efortul principal a fost organizarea intrării României la CERN (Centrul European de Cercetări Nucleare). Deși s-a reușit un prim pas, destul de important, prin semnarea încă din anul 1991 a acordului-cadru de participare a economiei naționale a României la CERN cât și un acord de cooperare științifică între IFA și CERN, aderarea completă a României la CERN a fost parafată abia în anul 2016! Fără a comenta această întârziere istorică, să luăm partea bună a lucrurilor și anume aceea că este foarte bine că, în sfârșit, am aderat deplin la CERN.

Indiferent de toate aceste greutăți, inerente oricărui început de o asemenea anvergură și cu toate impedimentele legate de faptul că România nu era încă țară membră a CERN, determinarea noastră de participare efectivă la CERN a fost extraordinar de mare, astfel că într-un timp scurt (1990–1993) s-a reușit participarea la un număr mare de proiecte, dar și pe o structură destul de diversificată de participare:

– în primul rând, prin participare la experimente și la prelucrarea datelor experimentale,

– dar și prin contribuții directe, concrete, hardware la multe din aranjamentele experimentale mari de la CERN, care fac parte din așa-numitele contribuții *in kind*, care erau solicitate și foarte apreciate în cadrul CERN. În această direcție, am reușit și angrenarea și participarea industriei naționale, cu toate dificultățile prin care trecea economia națională, la acea dată.

Iată și câteva dintre realizările importante de electronică nucleară, inițiate și finalizate în perioada de timp 1990–1994, pe care fie le-am promovat direct, fie le-am sprijinit organizatoric sau instituțional.

Sunt mai multe genuri de echipamente care s-au dezvoltat în IFA, dar și de participări directe prin colaborări internaționale multinaționale sau colaborări internaționale bilaterale la marile centre de cercetare din Europa. Ca echipamente sau aranjamente experimentale complexe, menționez:

– unele care au parcurs întreg ciclul de cercetare–proiectare–execuție în întregime, în cadrul perimetrului IFIN, și în continuare s-au inițiat și efectuat experimente de cercetare fundamentală, cu participare internațională chiar în curtea IFIN (spre exemplu cazul **Calorimetrului WILLI**);

– altele care au prima parte asemănătoare, dar echipamentele produse sunt de tip contribuție *in kind* la marile centre de cercetare din Europa (CERN–Geneva și GSI-FAIR) (în special grupul DFH/IFIN la **CERN-ALICE și FAIR-CBM**).

Colaborări internaționale multinaționale, în special la CERN și GSI-FAIR

Conform acordurilor de colaborare științifică dintre CERN–Geneva; FAIR (Germania) și IFA/IFIN, care au fost folosite drept cadru organizatoric, s-au inițiat mai multe colaborări specifice, de grup și/sau individuale, printre care:

Dezvoltări de subsansamble de detectori și electronică de FEE pentru TRD din cadrul aranjamentului experimental ALICE-CERN În primul rând, este cazul Departamentului de Fizică Hadronică-DFH (sub conducerea lui Mihai Petrovici) cristalizat în jurul unui Centru de Excelență, statut câștigat prin competiție la nivel național în urmă cu mai bine de zece ani și confirmat ulterior prin realizări deosebite¹⁷⁷. În cadrul colaborării ALICE, DFH a avut onoarea să primească o sarcină unică și anume să contribuie la realizarea a 20% a unuia dintre cele mai importante subdetectoare ale aranjamentului experimental ALICE, numit TRD. Încă din 2004 s-au produs primele prototipuri de TRD în cadrul laboratorului. Apoi, în octombrie 2005 a avut loc inaugurarea laboratoarelor de detectori, iar în noiembrie 2008 s-a realizat ultima componentă a subdetectorului TRD pentru aranjamentul experimental ALICE-CERN. În continuare, se prezintă circuitul **ASIC PASA** cu o structură complexă (proiectant Vasile Cătănescu în colaborare cu Mircea Ciobanu) realizat cu o tehnologie AMS, cu o rezoluție de 0.35 μm. Sensibilitatea la sarcină este foarte ridicată: 12mV/fC, caracteristice temporale foarte bune, lărgimea impulsului după filtrul de formare este de 116 ns (FWHM), zgomotul echivalent la intrare este de 850 e la 25 pF capacitate detector, puterea integral consumată fiind doar de 15mW/canal spectrometric. Apoi, pe baza experienței câștigate și prin implementarea noului pachet de programare specifică CAD și a kiturilor HIT, s-au dezvoltat integral (V. Cătănescu) pe tot ciclul de cercetare–dezvoltare, două circuite integrate ASIC de mare complexitate pentru partea de FEE, în cadrul colaborării internaționale **CBM (Compressed Baryonic Matter)** de la FAIR – Germania. Circuitele respective (FASP-0.2 și respectiv 0.5%/FASP-0.1) au o conversie sensibilă la sarcină cu un factor de conversie programabil, într-o gamă foarte mare, formarea semi-gaussiană

¹⁷⁷ ANSC, Romania at CERN, Research Project, www.ifa-mg.ro/cern/docs/RO@CERN_2009-2011.pdf.

de asemenea într-o gamă temporală foarte mare și, în plus, asigură o interferență minimă între canalele spectrometrice adiacente, de numai 0.012%.

Dezvoltări de electronică de FEE în cadrul colaborărilor experimentale de la CERN – RD51 și NA62. Pentru colaborarea RD51, în departamentul Particule elementare, prin Sorin Martoiu s-a dezvoltat un sistem citire scalabilă (SRS-Scalable Readout System). Prin această arhitectură scalabilă se pot obține multi-Gbps de adresare punctuală (punct-la-punct) fără a apela la vreo structură de bus, fie serial, fie paralelă. Datorită structurii modulare, arhitectura poate fi implementată în diferite ASIC concrete, dând posibilitatea utilizatorilor să-și integreze diferitele dezvoltări de FEE în același sistem DAQ.

Din cadrul colaborărilor internaționale bilaterale, colaborarea internațională IFIN-HH cu Universitatea din Köln (Germania). Una dintre problemele centrale care s-a ivit pe la mijlocul anilor '90, atunci când au apărut și primele detectoare de Ge de volum mare, încapsulate și segmentate, a fost aceea că se preconiza ca în afară informației de energie și de timp, prin prelucrarea informației de la segmente, corelată cu informația de la electrodul central, să se extragă și informația de spațiu, respectiv „urma” interacție în cristal, dar și ca vector de intrare a radiației în detector. În acest fel, prin detecția completă a „urmei” interacției („tracking”), se preconiza ca un detector de Ge segmentat să poată fi utilizat și ca un fel de „cameră de fotografiat”, așa-numita „Compton camera”. Era clar că asemenea cerințe nu puteau fi îndeplinite nici de circuitele existente de FEE, și nici de specificațiile lanțurilor spectrometrice clasice, bazate pe prelucrarea informației de la detector, pe cale analogică. Corespunzător, decizia colaborării AGATA a fost aceea de a se dezvolta o generație complet nouă de electronică nucleară¹⁷⁸, inclusiv de FEE, capabilă să funcționeze la rate foarte mari de numărare și cu caracteristici funcționale deosebite, care să permită prin conversia analog-digitală directă cât mai rapide, cu raport semnal/zgomot peste 70–75 dB în bandă largă de frecvențe (până la 30–50MHz). De asemenea, prin suma de algoritme de analiză în timp real a formei impulsului și prin procesarea informației să se obțină reconstruire a traiectului interacției în cristal („tracking”) și prin aceasta, să se măsoare nu numai energia și timpul, dar chiar și poziția și corespunzător, vectorul de intrare în cristal.

În cadrul colaborării științifice cu Universitatea din Köln am dezvoltat un set de circuite de FEE dedicate marilor ansamble experimentale din Europa, destinate atât spectrometrei gama, cât și de particule încărcate, respectiv:

– pentru primul ansamblu cu detectoare de tip HP-Ge segmentate și încapsulate MINIBALL ARRAY, care a fost o premieră mondială (instalație montată la CERN – REX ISOLDE, unde funcționează neîntrerupt din 1998 și până în prezent).

– pentru detectoarele de Si segmentate din cadrul ansamblului de multi-detectori LYCCA FAIR/ Nustar (GSI–Darmstadt-Germania).

– și o soluție de FEE principial nouă, pentru experimental AGATA (electrodul central)¹⁷⁹.

¹⁷⁸ AGATA, Advanced Gamma Tracking Array, Technical Design Report, *Agata/TDR/Dec08/*.

¹⁷⁹ G. Pascovici, A. Pullia, F. Zocca, B. Bruyneel, D. Bazzacco, *Low noise, dual gain Preamplifier with built in spectroscopic pulser for highly segmented High-purity germanium detectors*, WSEAS Trans. on Circuits & Systems, 7 (6), 470 (2008).

Soluția principial nouă, pentru experimental AGATA (electrodul central), permite prin implementarea a două moduri de lucru, unul clasic de analiză în amplitudine și altul de analiză indirectă a amplitudinii impulsurilor cu amplitudinea peste un anumit prag, prin conversia lineară a amplitudinii în domeniul timp, și analiza corespunzătoare digitală a duratei impulsului convertit (respectiv, metoda ToT – Time over Threshold). Pe această cale s-a obținut o dinamică de măsură de aproape 100 dB, nemaiîntâlnită la scară mondială, respectiv de la 0.1 fC la ~ 10 pC sarcină electrică la intrare, ceea ce este echivalent cu o dinamică energetică de la ~ 2 keV la ~ 180 MeV, ca energie a radiației gama incidente. Rezoluția energetică intrinsecă este de ~ 600 eV, respectiv de 900 eV în cazul cuplării electrodului central, având o capacitate echivalentă de ~ 47 pF. Pentru a atinge această performanță, întreg domeniul de măsură a fost împărțit în 4 subdomenii energetice, respectiv de: 0–5 MeV; 0–20 MeV; 5–180 MeV și 20–180 MeV.

Colaborările internaționale punctuale de tip *freelancer* (în special cele de durată lungă), sunt destul de rare, în marile laboratoare de cercetare. Ele denotă, în primul rând, acceptul nivelului profesional al individului, dar și al școlii profesionale de unde provine. În perioada dezvoltării detectorului complex MMRPC (Multi Strip Resistive Plate Chamber, pentru dezvoltarea ansamblului experimental FOPI – Timp de zbor (ToF), grupul de detectori de la GSI, sub coordonarea lui Mircea Ciobanu au dezvoltat diferite versiuni de FEE, fie cu circuite discrete, ultrarapide, fie sub formă de circuite integrate ASIC, realizate în tehnologie CMOS de 0.18 μm . Semnalele rapide de la detectorii MMRPC de ordinul a ~ 1 –30 mV sunt recepționate de pe ambele fețe ale benzilor detectorului („strip”) de către preamplificatorul diferențial, sunt amplificate și apoi discriminate într-un etaj discriminator. Rezoluția temporală intrinsecă s-a dovedit a fi deosebit de bună, respectiv de sub ~ 20 ps, la o amplificare mare (~ 100 –300) și banda de trecere de asemenea mare (~ 0.3 –1 GHz).

5.3. „QUO VADIS”, ELECTRONICA NUCLEARĂ?

Realmente „explozia” de noi tipuri de detectori de radiații nucleare dezvoltate în marile centre de cercetare nucleară CERN–Geneva, FAIR–GSI–Darmstadt, HERA–Hamburg, Fermi Lab.–USA, NSCL–Michigan, GANIL–Caen, sau în cele deja sute de centre și acceleratoare de tip AMS din lume, a impus și impune în continuare, în ultima perioadă de timp dezvoltări impresionante ale electronicii de interfață, respectiv a părții de electronică, situată între detectoarele de radiații și electronica de prelucrare a informației.

Tehnologiile de dezvoltări de chipuri specifice pentru FEE sunt accesibile unui spectru mult mai larg de specialiști, nu neapărat de electroniști, ci în egală măsură fizicieni, informaticieni, matematicieni, într-un cuvânt specialiști în domeniul mult mai larg al științelor naturii! Totuși, specialitatea majoritară a celor care au dezvoltat asemenea structuri este electronica (fie electronica industrială, fie mai îngust specializată spre electronica și fizica corpului solid, spre electronică aplicată sau spre „ingineri fizicieni”). Poate că o variantă mai eficientă, este aceea a

specializarilor interdisciplinare, de exemplu în cadrul unor institute care au o structură profesională, situată la granița între fizică și electronică și cu o infrastructură orientată spre cercetări interdisciplinare, inclusiv proiectarea, testarea, calificarea de circuite ASIC. (e.g. „Kirchhoff Institute for Physics” (KIP) al Universității din Heidelberg, de altfel, renumitul prof. G.R. Kirchhoff a promovat intens, cercetările interdisciplinare, între fizică și electronică).

Succesul de necontestat al *școlii românești de FEE* din perioada anilor 1990–2010 s-a datorat tocmai acestui tip de organizare și orientare a activității profesionale. Îmi permit să amintesc doar dezvoltările de FEE făcute de *V. Cătănescu, M. Petcu, H. Bozdog, M. Ciobanu, S. Martoiu, G. Caragheorghopol și G. Pascovici*, deși cu toții având specialitatea de bază electronica, electronica aplicată, telecomunicații sau „ingineri-fizicieni” dobândită la UPB-București, majoritatea dezvoltărilor profesionale de FEE, au fost făcute în cadrul colaborărilor internaționale cu marile centre de cercetare științifică din domeniul fizicii nucleare din Europa ca: CERN, GSI–Darmstadt și FAIR, KFZ–Karlsruhe, INFN–Italia, IN2P3–Franța sau în diferite universități din Germania, Franța etc. În acest sens, aparenta dispariție a colectivelor de proiectare/cercetare de electronică nucleară de pe platforma Măgurele, nu trebuie privită neapărat negativ sau pesimist. Este mai curând, o restructurare de sistem, datorită evoluției, a unei mutații, general-globale.

Cât privește viitorul apropiat, este fără îndoială că, întreg consorțiul ELI și ELI-NP, în ansamblul său, va oferi direcții noi de cercetare fundamentală cât și de cercetare tehnologică, extrem de atractive, și chiar stimulative pentru generațiile ce vor veni.

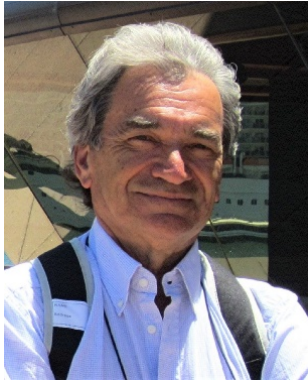
Mă gândesc că, în 1991, când am propus și încercat să promovez denumirea întregului ansamblu de la Măgurele, generic ca **Romanian-MIT**... nu am reușit, ba chiar am avut parte de multe reproșuri. Acum, când complexul **ELI** crește atât de frumos în același perimetru al Măgurele, mă gândesc că **IFA** și **Romanian-MIT** ar fi făcut o coabitare perfectă, poate că, doar... *ar fi fost prea frumos!*

5.4. GHEORGHE PASCOVICI

Dr. ing. **Gheorghe Pascovici** s-a născut în 1943 și a absolvit, în 1965, secția de ingineri fizicieni, Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Universitatea „Politehnica” București. Este doctor inginer în specialitatea Electronică Nucleară, la Institutul de Fizică Atomică (1976).

Principalele metode experimentale noi de cercetare, dezvoltate de-a lungul anilor în domeniul spectrometriei nucleare:

– Dezvoltarea integrală a electronicii nucleare analogice (Front-End Electronics) pentru primul ansamblu de detectori de tip HP-Ge segmentați cu prelucrare directă a semnalelor analogice de tip Digital Gamma-Finder (respectiv, pentru ansamblul MINIBALL – ampalsat la complexul de accelerare CERN-Rex- Isolde); – Dezvoltarea metodei de Time-over-Threshold (ToT) în spectroscopia gamma de înaltă rezoluție, combinată cu conceptul de FEE cu factori de amplificare multipli (de ex. AGATA-Dual Gain Core Preamplifier); – Coautor direct la dezvoltarea metodei de îmbunătățire



Dr. ing. Gheorghe Pascovici

a rezoluției temporale intrinseci în domeniul picosecundelor (*The mirror pair centroid difference method*) și la generalizarea ei pentru ansamble cu un număr mare de detectori (*The generalized centroid difference method for pico-seconds sensitive determination of lifetimes*); – Dezvoltarea unor metode de măsură și caracterizare a detectorilor de HP-Ge (sarcină spațială, impurități etc.); – Dezvoltarea de noi detectori pentru caracterizarea transparentă a fasciculelor de particule accelerate în cadrul programului (HISPEC/ DESPEC-FAIR) respectiv detecția spațială, temporală, măsurarea emitanței etc.; – Dezvoltarea metodei de *Time-of-Flight* la acceleratorul AMS (6.5MeV) de la Centrul National de Cercetari AMS-Köln (Germania); – Extinderea metodei

de tip *sliding scale* din structura analizoarelor multic canale de mare rezoluție, folosite în spectrometria nucleară, prin aplicarea unor corecții multiple per eveniment (*Analog Stretcher with Multiple Analog Sliding Scale Correction*) contribuind astfel la îmbunătățirea considerabilă a nelinearității diferențiale; – Metoda de conversie în domeniul timp, cu timp mort zero per conversie individuală.

Publicații și Prezentări

Peste 120 publicații științifice în reviste de specialitate, cu evaluare de tip *peer-reviewed*

Peste 30 de prezentări și/sau lecții invitate Europa, USA, China, Coreea Sud etc.

Experiența managerială în domeniul cercetării științifice

1982–1986 Adjunct, Șef Secție Fizica Ionilor Grei, IFIN.

1986–1989 Director tehnic, IFIN – Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară.

1989–1993 Director general IFA; – cu rang de Ministru Secretar de Stat în Guvern.

1995–2012 Șeful colectivului de electronică Nucleară al Institutului de Fizică Nucleară al Universității din Köln, Germania.

6. SPECIALIȘTI ROMÂNI DIN DIASPORA

Acest subcapitol nu prezintă decât unele repere ale activității unor specialiști remarcabili din diasporă. Note biografice mai concludente apar în Cap. 4, 5 și 9 al **SRMN 2018** și sunt accesibile și pe Internet la adresa <http://www.link2nano.ro/acad/SRMN/>

6.1. OMUL ANULUI 2017 ÎN MICROELECTRONICĂ

6.1.1. Sorin Cristoloveanu

Născut în 1949, **Sorin Cristoloveanu** a urmat Liceul Gheorghe Lazăr din București și doi ani de Politehnică. A obținut Doctoratul (PhD) în 1976, Doctoratul

ès-Sciences (1981) și Diploma de Habilitare (1989) de la Institutul Politehnic din Grenoble. A fost primit la CNRS (Centrul Național de Cercetare Științifică) în 1977, unde a devenit Director de Cercetare în 1989 și Director de clasă excepțională în 2008.

Activitatea sa științifică e situată în domeniul tehnologiilor și dispozitivelor avansate pentru micronano-electronică. E laureatul Premiului internațional Andrew Grove, decernat în 2017 de societatea IEEE. Premiul răsplătește viziunea sa precoce și contribuțiile științifice, timp de 40 de ani, la dezvoltarea tehnologiei SOI și a dispozitivelor cu corp subțire. Sorin e primul român, primul francez și al doilea european distins la acest nivel.

Lucrările echipei Cristoloveanu sunt orientate spre (I) concepția de dispozitive inovante (II) revelația și modelizarea fenomenelor fizice inedite, și (III) dezvoltarea de tehnici speciale de caracterizare. Își asumă paternitatea tranzistorului cel mai simplu (fără poartă, pseudo-MOSFET) ca și al tranzistorului cel mai complicat (cu 4 porți independente, G^4 -FET). Între aceste extreme, dispozitive cu 1, 2 sau 3 porți de comandă au fost analizate și optimizate. Tranzistori tunel dispozitive cuantice, nano-fire cu poartă circulară și circuite cu 3 dimensiuni (3D) au fost studiate înainte de a deveni subiecte la modă. Echipa lui a descoperit tranzistorul cu comutare ideală (verticală, Z^2 -FET și Z^3 -FET), tranzistorul tunel cu amplificare bipolară (BET-FET), dioda Hocus-Pocus reconfigurabilă, diferiți senzori și un evantai de memorii volatile (MSDRAM, A2RAM, Z^2 -RAM), non-volatile și universale.

Printre mecanismele fizice, esențiale în nano-structuri, notăm: (1) inversiunea volumică (1985¹⁸⁰) care guvernează dispozitivele moderne (FinFET, FDSOI, nanofir etc.) (2) polarizarea virtuală a substratului (DIVSB)¹⁸¹ (3) super-cuplaj între interfațe¹⁸² (4) efecte de substrat plutitor (floating)^{183,184}.



Dr. Sorin Cristoloveanu

¹⁸⁰ F. Balestra, S. Cristoloveanu, M. Benachir, J. Brini, T. Elewa, *Double-gate silicon on insulator transistor with volume inversion: a new device with greatly enhanced performance*, IEEE Electron Device Lett., EDL-8, no. 9, pp. 410–412 (1987).

¹⁸¹ T. Ernst, C. Tinella, C. Raynaud, S. Cristoloveanu, *Fringing fields in sub-0.1 μ m fully depleted SOI MOSFETs: optimization of the device architecture*, Solid-State Electronics, 46, no. 3, pp. 373–378 (2002).

¹⁸² S. Eminente, S. Cristoloveanu, R. Clerc, A. Ohata, G. Ghibaudo, *Ultra-thin fully-depleted SOI MOSFETs: special charge properties and coupling effects*, Solid-State Electronics, 51, no. 2, pp. 239–244 (2007); A. Revelant, A. Villalon, Y. Wu, A. Zaslavsky, C. Le Royer, H. Iwai, S. Cristoloveanu, *Electron-hole bilayer TFET: experiments and comments*, IEEE Trans. Electron Devices, 61, no. 8, pp. 2674–2681 (2014); S. Cristoloveanu, S. Athanasiou, M. Bawedin, P. Galy, *Evidence of supercoupling effect in ultrathin silicon layers using a four-gate MOSFET*, IEEE Electron Device Lett., 38, no. 2, pp. 157–159 (2017).

¹⁸³ T. Ouisse, G. Ghibaudo, J. Brini, S. Cristoloveanu, G. Borel, *Investigation of floating body effects in silicon-on-insulator metal-oxide-semiconductor field-effect transistors*, Journal of Applied Physics, 70, no. 7, pp. 3912–3919 (1991).

¹⁸⁴ M. Bawedin, S. Cristoloveanu, J.G. Yun, D. Flandre, *A new memory effect (MSD) in fully depleted SOI MOSFETs*, Solid-State Electronics, 49, no. 9, pp. 1547–1555 (2005).

Metoda lui „Pseudo-MOS”¹⁸⁵ a devenit standardul pentru caracterizarea calității plachetelor SOI, utilizată de toate firmele SOI.

A ghidat numeroși doctoranzi (~100). Lista lui de publicații cumulează 1100 titluri, dintre care 400 în reviste internaționale, 150 conferințe invitate, 38 cărți sau capitole, 18 brevete. Cartea lui despre caracterizarea SOI¹⁸⁶, publicată în 1995, a devenit un clasic.

Pe scena internațională, este de 20 de ani Editorul revistei *Solid-State Electronics* și Conferențiar Distins al Societății de Dispozitive Electronice (IEEE). A obținut titlul de Vizitor Distins la World-Class University în Coreea (2009–2013), la NASA (USA) și UWA (Australia). A fost promovat „fellow” la IEEE în 2001 și la ECS în 2002. Se adaugă 20 de premii internaționale, organizarea de congrese multiple și două Școli de Vară în Franța și Coreea. Pe plan administrativ, a dirijat laboratorul LPCS (Institutul Politehnic din Grenoble) și a inițiat crearea Centrului de Proiecte Avansate în Microelectronică (CPMA), care a devenit MINATEC, cel mai important centru de cercetare european în micro-nano-tehnologie.

6.2. MANAGERUL PARTENERIATULUI PUBLIC-PRIVAT ÎN NANOELECTRONICA EUROPEANA

6.2.1. Andreas Anton Wild



Andreas Anton Wild

Născut în 1950, **Andreas Wild** a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații de la Institutul Politehnic din București în 1974, fiind repartizat la IPRS–Băneasa, unde a lucrat în proiectarea și tehnologia circuitelor digitale (TTL, I2L) și lineare. A obținut titlul de doctor inginer la Institutul de Fizică Atomică din București în 1992.

La sfârșitul anului 1981 a fost angajat la Motorola GmbH–München ca inginer pentru asigurarea calității; în 1986, a devenit manager de inginerie ASIC, instalând centre de proiectare în Germania, Franța, Suedia, Italia și Regatul Unit, creând o secție care a pus în fabricație peste 300 de produse. A contribuit la evoluția metodologiei de proiectare de sistem.

În 1993 a fost numit manager al Laboratorului de tehnologii de joasă putere al Sectorului de Produse Semi-conductoare (SPS) din Motorola–S.U.A. contribuind la dezvoltarea tehnologiilor pentru electronica portabilă, între care tehnologia cu

¹⁸⁵ S. Cristoloveanu, S. Williams, *Point contact pseudo-MOSFET for in-situ characterization of as-grown silicon on insulator wafers*, IEEE Electron Device Letters, 13, no. 2, pp. 102–104 (1992).

¹⁸⁶ S. Cristoloveanu, S.S. Li, *Electrical Characterization of Silicon on Insulator Materials and Devices*, Kluwer Academic Publishers, Boston, ISBN 0-7923-9548-4, 400 pages (1995).

canal gradat GC-MOS,¹⁸⁷ pentru care a demonstrat funcționalitate la 0,9V.¹⁸⁸ A condus programul global de relații cu Universitățile¹⁸⁹, reprezentând Motorola la University of California, Berkeley; MediaLab din Massachusetts Institute of Technology; „National Science Foundation” – Centru de Tehnologii de Joasă Putere, la Universitățile din Arizona, ca președintele comitetului industrial consultativ și la University of New Mexico și Arizona State University ca membru în consiliile industriale.

În 1998 a devenit copreședinte fondator al conferinței internaționale „Modelarea și Simularea Microsistemelor” (MSM),¹⁹⁰ în paralel a activat cinci ani în comitetul IEEE decernând premiul pentru miniaturizare „Cledo Brunetti”; și a devenit „fellow” al Institutului de Nanoștiințe și Nanotehnologii (NSTI).

În 1997 a devenit Tehnolog-șef pentru Motorola SPS, apoi a condus expansiunea tehnică în America Latină, instalând centre de proiectare de circuite integrate la Campinas (Brazilia) și Puebla (Mexico) și centre de software îmbarcat la Santiago (Chile) – dar și la București.

În 2001 a devenit Director de Cercetare European al lui Motorola SPS, conducând laboratoarele de la Toulouse și München, fiind numit în 2002 și Director Executiv Delegat al Motorolei la Crolles, unde a fost co-manager pentru cercetarea avansată al Alianței Crolles 2.¹⁹¹

După expirarea Alianței Crolles 2, a fost numit, în 2009, director executiv al Întreprinderii Comune „ENIAC”, Bruxelles, investind 4 miliarde de euro în cercetarea europeană.¹⁹² În 2014, a executat, ca director executiv, fuziunea lui ENIAC cu ARTEMIS, formând „ECSEL JU”. Andreas Wild s-a retras în 1965, devenind consultant.

Andreas Wild a funcționat ca profesor asociat al Institutului Politehnic din București (1974–1981), unde a predat și un curs în 1991; a ținut prelegeri la Arizona State University (1997) și la Universitatea „Transilvania” din Brașov. Din 2017, Andreas Wild este membru al Comisiei de Știința și Tehnologia Microsistemelor a Academiei Române.

¹⁸⁷ K. Joardar, K.K. Gullapalli, C.C. McAndrew, M.E. Burnham, A. Wild, *An Improved MOSFET Model for Circuit Simulation*, IEEE Trans. Electron Devices, vol. 45, no. 6, pp. 134–148, 1998. Patent: US6033231.

¹⁸⁸ A. Wild, et al., *A 0.9V Microcontroller for Portable Applications*, IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 32, no. 7, p. 1049, 1997. Patente: US5714393, US5811341, US5886921, US5920102.

¹⁸⁹ A. Wild, *Industrial Contributions to Science and Technology Education for the 21st Century*, Proceedings of the International Conference on Engineering Education ICEE99, Paper 432, 1999.

¹⁹⁰ A. Wild, *Report from the First International Conference on Modeling and Simulation of Microsystems, Semiconductors, Sensors and Actuators (MSM98)*, IEEE EDS Newsletter, vol. 5, no. 3, p. 12, 1998.

¹⁹¹ A. Wild, *CMOS Process and Design Options for 32nm and beyond* (invited paper), Nanotech 2007, Milpitas, 2007. Patent US8293608.

¹⁹² A. Wild, *Foreword, Europe Positioning in Nanoelectronics*, în R. Puers et al., *Nanoelectronics. Materials, Devices, Applications*, vol. 1, p. XXV, vol. 2, p. 553, Willey-VCH, Germany, ISBN 978-3-527-34053-8.

Are 36 de patente (6 în România, 22 în S.U.A.) și peste 75 de publicații de specialitate.

În 2017, SEMI Europe i-a decernat lui Andreas Wild „SEMI Special Service Award”.

6.3. GENERAȚIA „VETERANILOR ROMÂNI” ÎN MICROELECTRONICĂ

6.3.1. Constantin Bulucea

Născut în 1940, **Constantin Bulucea** a absolvit în 1962 secția de Ingineri Fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București și a devenit doctor inginer în electronică în anul 1974 (conducător: acad. Mihai Drăgănescu).

În anul 1969 a primit o bursă guvernamentală a Comisiei de Calculatoare pentru studii graduate la University of California, Berkeley, obținând diploma de Master of Science (MS). Acolo a avut șansa să fie în clasele unor personalități de prima mână ale domeniului, ca William Oldham (Berkeley, conducătorul tezei de MS), Donald Pederson (Berkeley), Andrew Grove (Intel), Frederick Dill (IBM), Jacque Pankove (RCA) și William Howard (Motorola), în timpul când aceștia puneau bazele unor domenii și tehnologii noi, ca circuitele integrate analogice și simularea lor pe calculator, tehnologia Metal–Oxid–Semiconductor (MOS) etc. La întoarcerea în țară a creat la IPB cursul de Circuite Integrate Liniare și de Fizica și Tehnologia Dispozitivelor MOS.

În perioada 1970–1986, a fost director științific și director (1974–1984) al Institutului de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE) și cadru didactic asociat la Institutul Politehnic București (IPB). A orientat tehnica semiconductoarelor din România predominant spre modelele din Vest și a încurajat confruntarea cercetătorilor la nivel competitiv. Pe aceeași linie se înscrie câștigarea și implementarea proiectului Națiunilor Unite pentru Dezvoltare (PNUD) dedicat experimentării-pilot a tehnologiei MOS/LSI pentru microelectronică.

În 1978, urmând modelul conferinței IEEE International Electron Device Meeting (IEDM), a fondat Conferința Anuală de Semiconductoare, CAS, devenită în timp conferință internațională IEEE.

În noiembrie 1986 a părăsit România. Între 1987 și 1990 a fost inginer principal și șef de proiect la Siliconix, Santa Clara, California. Între 1990–2011 a lucrat ca membru senior al grupului tehnic, apoi ca *chief technologist* la National Semiconductor, Santa Clara, California. În septembrie 2011, a devenit membru distins al Grupului Tehnic al firmei Texas Instruments, ca rezultat al achiziției firmei National Semiconductor de către această firmă. Din această poziție s-a pensionat, la cerere, în august 2012, la împlinirea vârstei de 72 ani.

Dr. ing. C. Bulucea a adus contribuții importante la dezvoltarea tehnicii semiconductoarelor în România. În 1966, a elaborat primul proiect românesc și metodologia de proiectare pentru tranzistoare planare dublu difuzate cu siliciu, urmat de o suită de tranzistoare cu siliciu create de cercetătorii de la ICCE și IPRS,

fără licențe străine. A fost conducătorul tehnic al proiectului național Microelectronica, de la proiectarea uzinei, până la punerea în funcțiune cu tehnologie elaborată de cercetătorii de la ICCE (1980–1984).

Între contribuțiile sale la știința și tehnica semiconductoarelor se numără: continuarea teoriei lui A.S. Grove privind efectele câmpului de suprafață asupra tensiunii de străpungere a dispozitivelor planare (1972–1974)¹⁹³, teoria injecției de avalanșă la dispozitivele cu poartă de siliciu, cu măsurarea și înregistrarea pe plotter, pentru prima dată, pe diode cu poartă cu siliciu de înaltă perfecțiune fabricate la ICCE, a curentului continuu (sute de pA) de electroni fierbinți, prin oxidul de poartă (1974–1975)¹⁹⁴, primele tranzistoare de putere (100 A) în tehnologia „trench DMOS”, pe baza tehnicii cunoscute în prezent ca „Bulucea Clamp” și folosită în toată lumea în gama de joasă tensiune a comutatoarelor MOS de putere (1986–1989)¹⁹⁵, fizica și tehnologia tranzistoarelor integrate de înaltă performanță MOS asimetrice, realizate în tehnologia originală „empty channel”, dezvoltată și validată la National Semiconductor (1990–2010)¹⁹⁶, și 70 de brevete de invenții americane și internaționale în domeniul circuitelor integrate VLSI pentru aplicații analogice și de semnale mixte. A publicat 40 articole și comunicări în reviste și conferințe internaționale de prestigiu, cum sunt IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Electron Device Letters, International Electron Device Meeting (IEDM), Solid-State Electronics etc.

A făcut parte din comitetul editorial onorific al revistei Solid-State Electronics (1978–2012), a fost editor al revistei IEEE Electron Device Letters (1995–2012) și membru al Comitetelor Tehnice ale conferințelor internaționale IEEE Bipolar Circuits and Technology Meeting (BCTM) și IEEE VLSI Symposium (2004–2007). Din 2012 este editor al revistei on-line IEEE Journal of the Electron Device Society (J-EDS).

Din 2001, este membru de onoare al Academiei Române.

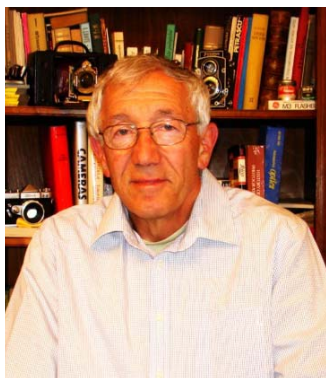
¹⁹³ a) C. Bulucea, C. Postolache, A. Rusu, *Avalanche Injection in Silicon Planar Semiconductor Devices*, Second International Conference on Solid Surfaces, Kyoto, March 25–29, 1974; b) C. Bulucea, A. Rusu, C. Postolache, *Surface Breakdown in Silicon Planar Junctions*, Solid-State Electronics, vol. 17, pp. 881–888, 1974, c) A. Rusu, C. Bulucea, *Two-Dimensional Calculation of Avalanche Breakdown Voltage in Deeply-Depleted MOS Capacitors*, IEDM, 1976.

¹⁹⁴ a) C. Bulucea, *Avalanche Injection into the Oxide in Silicon Gate Controlled Devices – I Theory*, Solid-State Electronics, vol. 18, pp. 363–374, 1975; b) C. Bulucea, *Avalanche Injection into the Oxide in Silicon Gate Controlled Devices – II Experimental Results*, Solid-State Electronics, vol. 18, pp. 381–391, 1975. Această suită de două articole sumarizează teza de doctorat a autorului la Institutul Politehnic București.

¹⁹⁵ a) C. Bulucea, M. Kump, K. Amberiadis, *Field Distribution and Avalanche Breakdown of Trench MOS Capacitors Operated in Deep Depletion*, IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 36, pp. 2521–2529, 1989. b) C. Bulucea, R. Rossen, *Trench DMOS Transistor Technology for High Current (100 A Range) Switching*, Solid-State Electronics, vol. 34, pp. 493–507, 1991; c) T. Dyer, J. McGinty, A. Strachan, C. Bulucea, *Monolithic Integration of Trench Vertical DMOS (VDMOS) Power Transistors into a BCD Process*, International Symposium on Power Semiconductor Devices and ICs, Santa Barbara, pp. 23–26, 2005.

¹⁹⁶ C. Bulucea et al., *Physics and Technology, and Modeling of Complementary Asymmetric MOSFETs*, IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 57, pp. 2365–2379, 2010 – clasificată, în prezent, ca „Scholarly Article” în căutările Google pe subiectul din titlu.

6.3.2. Mircea V. Dușa



Dr. Mircea Dușa

Mircea Dușa a absolvit secția Ingineri fizicieni de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Institutul Politehnic București (1970). Este doctor în Optică Aplicată la Universitatea Politehnică București (1993). A făcut stagii de training în tehnologia semiconductoarelor la SGS Thompson (1972, Franța), proiectare asistată de calculator la CalComp (1978, Olanda), metrologie-inspecție la Leitz (1984, 1986 Germania).

În momentul de față este ASML „fellow” la ASML, cel mai mare furnizor din lume de sisteme fotolitografice pentru industria semiconductoarelor. Are peste patruzeci și cinci de ani de experiență în domeniul cercetării/dezvoltării și al fabricației de dispozitive semiconductoare, din 1970 până în 1990 în România, iar din 1990 până în prezent, în SUA. Are treizeci de ani de experiență în managementul tehnic al programelor interdisciplinare de dezvoltare a proceselor avansate și a echipamentelor, de la nivel de concept R&D la producție pilot și până la producție de masă, cu fabricanți recunoscuți de dispozitive și echipamente semiconductoare ca, ASML, National Semiconductor, Zygo Corporation, Carl Zeiss SMT, IMEC, Fuji Electronic Materiale, ARM, Cadence Design Systems. Are 25 brevete SUA; 150 articole de referință cu 950 citări, din peste 200 de lucrări publicate și prezentate la conferințe și în reviste tehnice internaționale din SUA, Japonia, Europa.

Din 1970 până în 1990 a lucrat în diferite poziții de inginerie și management tehnic în tehnologia semiconductoarelor din România, începând cu ICCE, în dezvoltarea tehnologiilor de fabricație pentru dispozitive electronice din fabricile IPRS-Băneasa și Microelectronica. A creat și condus Atelierul de Fabricație Măști și Fotolitografie Direct Step on Wafer, fiind responsabil pentru dezvoltarea tehnologiilor de fabricare a măștilor optice și E-Beam. A contribuit la proiectarea, construirea, instalarea și punerea în funcțiune a primelor două camere ultracurate cu atmosferă controlată din România, inclusiv cea mai mare cameră ultracurată din România, pentru fabricația de circuite integrate MOS la întreprinderea Microelectronica. A avut realizări inovatoare în vederea extinderii limitei de rezoluție optică, prin ajustarea tonalității fotorezistului¹⁹⁷ și a măștii¹⁹⁸ obținând astfel structuri cu dimensiuni submicronice.

Începând din 1990 și până în prezent a lucrat în SUA, în San Jose (Silicon Valley), în domeniul proceselor și echipamentelor de semiconductoare de fotolitografie. În 1995 a revenit în industria de circuite integrate, la National Semiconductor, Fairchild Research Center, Santa Clara, California. Din 1999 și până în prezent,

¹⁹⁷ *Patterning 0.50 micron Lines through Image Reversal*, SEMICON Europe Technical Sessions: Inventions in Micro-Processing, 1989, Zürich, Switzerland.

¹⁹⁸ *In-house Practical Method for Lens MTF Evaluation in Microlithography*, 11th International Semiconductor Conference, CAS, October 1988, Sinaia, România; *Considering Babinet Principle for Optical Lithography Resolution Limit Exceeding Classical Resolving Power*, SPIE Vol. 1264, Optical Microlithography III, San Jose, CA, USA, 1990.

lucrează la ASML ca membru fondator al Centrului de Dezvoltare Tehnologică, unde desfășoară activități exploratorii pentru a îmbunătăți performanța tehnică a sistemelor lithografice pentru generațiile viitoare ale ASML, în principal scanerile cu imersie cu lumina de expunere de 193 nm și cele operând în domeniul UV extrem, cu lumina de expunere de 13 nm. Activitatea științifică s-a desfășurat în patru domenii complementare ale eco-sistemului litografic: fabricația măștilor, echipamentele de expunere, metrologia-controlul procesului și co-optimizarea tehnologiilor de proiectare cu tehnologiile de proces. Partea principală a activității tehnice în carieră a fost și este dezvoltarea de procese inovatoare pentru a permite echipamentelor de expunere să funcționeze într-un regim care depășește limita de rezoluție optică Rayleigh, în principal prin expuneri multipass, cunoscute în industrie ca „double/multiple exposures”. Rezultate notabile sunt, introducerea conceptului de „edge lithography”¹⁹⁹ cu metoda „pitch-division” prin tehnicile Litho-Etch și Spacer-Assisted și crearea primului set de cerințe tehnice pentru toleranțele de control al procesului²⁰⁰.

6.3.3. Andrei Vladimirescu

Andrei Vladimirescu, născut în 1948, a absolvit Institutul Politehnic din București, România, Facultatea de Electronica și Telecomunicații, în 1971. A obținut diplomele de Master of Science și PhD în inginerie electrică și informatică (EECS) de la Universitatea California, Berkeley, în 1980 și, respectiv, 1982. Este IEEE Life Fellow și membru IEEE din 1977.

Din 1971 până în 1977 a lucrat la Institutul de Cercetare Componente Electronice (ICCE). Un program pentru comanda unei platforme de tăiere rbylith a primit un premiu de la Hewlett-Packard²⁰¹. În aceeași perioadă, Andrei a proiectat primul CI MOS cu canal P (PMOS) fabricat în România²⁰².

În 1977 el s-a integrat în grupul de cercetare CAD CI al departamentului EECS sub conducerea profesorului Donald Pederson la Universitatea California, Berkeley, unde a făcut parte din echipa care a dezvoltat programul SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) fiind responsabil pentru toate versiunile



Dr. Andrei Vladimirescu

¹⁹⁹ *Prospects and Initial Results from Double Exposure/Double Pitch Technique*, ISSM2005, San Jose, CA, Sept. 2005.

²⁰⁰ *Manufacturing Challenges in Double Patterning Lithography* ISSM, MC-233, Sept. 2006; *Pitch Doubling Through Dual Patterning Lithography*, *Challenges in Integration and Litho Budgets*, Proc. SPIE 6520-16, 2007; *Dense Lines created by spacer DPT: process control by local dose adjustment using advanced scanner control*, Proc. SPIE 7274-26, 2009; *Double patterning lithography: The bridge between low k1 ArF and EUV*; *Microlithography World*, Feb 2008.

²⁰¹ A. Vladimirescu, D. Prisecaru, „Integrated Circuit Layout Design using HP Desktop Calculators”, *Hewlett-Packard Keyboard*, Vol. 7, No. 3, 1975.

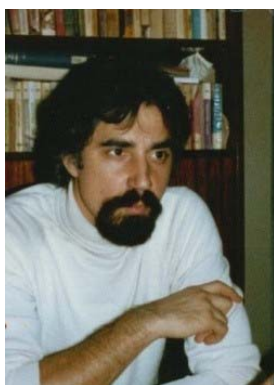
²⁰² A. Vladimirescu, *Calculator-Aided Design of MOS Integrated Circuits*, *IEEE J. Solid-State Circuits*, Vol. SC-10, No. 3, June 1975.

din 1977 până la lansarea versiunii SPICE2G6 de robustețe industrială în 1981²⁰³. Tot la Berkeley a finalizat teza de doctorat (1982).

A lucrat la diverse firme, fiind (1988–1997) director la Analog Design Tools Inc, și, ulterior, la Valid Logic Systems Inc și Cadence Design Systems Inc. Este profesor implicat în proiecte de cercetare la Universitatea California, Berkeley, la Institutul de Electronică din Paris, ISEP, la Universitatea Tehnică din Delft, precum și consultant pentru industrie în domeniul Electronic Design Automation. Activitățile sale de cercetare sunt în domeniile de proiectare, simulare și modelare a circuitelor CMOS, cu noi dispozitive (TFET) și circuite pentru calcul cuantic, cât și, algoritmi de simulare electrică pentru arhitecturi speciale de calculator.

Contribuția primordială este activitatea sa de pionierat la programul SPICE, dezvoltat de la un proiect de doctorat la un program de cerințe industriale, lansat de UC Berkeley ca SPICE 2G6 în 1980. Niciun CI nu este conceput astăzi fără utilizarea unui simulator SPICE, fără de care nu s-ar fi reușit niciodată să se integreze câteva miliarde de tranzistori pe același chip. O contribuție majoră a fost introducerea modelelor compacte MOSFET moderne. El a inițiat dezvoltarea modelelor compacte MOSFET cu efecte la dimensiuni mici²⁰⁴, care au devenit predominante în anii 1980. dr. Vladimirescu este autorul cărții „The SPICE Book”, publicată de J. Wiley & Sons, în 1994²⁰⁵. Această lucrare a fost tradusă în mai multe limbi. El este autor și a coautor a peste 100 de articole în jurnale de specialitate și conferințe. dr. Vladimirescu este Life Fellow IEEE. A coordonat conferința internațională ESSCIRC 2013 (București, pentru prima oară în estul Europei).

6.3.4. Dr. Radu Vanco



Dr. Radu Vanco

Radu Vanco (Vancu), născut în 1949, a absolvit în 1972, ca șef de promoție, secția Ingineri fizicieni a Facultății de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București, cu numele Mutică, modificat în Vancu, după căsătorie, apoi în Vanco. Între 1972 și 1984, a lucrat la Institutul de Cercetări pentru Componente Electronice (ICCE), unde, ca șef al grupului de proiectare de circuite integrate MOS a dezvoltat mai multe produse, incluzând primul circuit integrat VLSI din România.

În 1985 a emigrat în SUA. Între 1985 și 1991 a lucrat la Seeq Tehnology, mai întâi ca inginer de proiectare, apoi, din 1988, ca director al Ingineriei de Proiectare. A proiectat produse revoluționare pentru companie, incluzând un EEPROM de mare viteză care opera la 35 ns, în timp ce produsele curente erau la 200 ns, primul EEPROM cu corecția erorii și a câștigat cursa pentru densitatea de 1 Mbit împotriva principalului competitor, Xicor.

²⁰³ A. Vladimirescu, et al., SPICE Version 2G User's Guide, Univ. of California, Berkeley, August 1981.

²⁰⁴ A. Vladimirescu, S. Liu, *The Simulation of MOS Integrated Circuits using SPICE2*, UCB/ERL Memo M80/7, Univ. of California, Berkeley, Oct. 1980.

²⁰⁵ A. Vladimirescu, *The SPICE Book*, J. Wiley and Sons, New York, NY, 1994.

Între 1991 și 1993 a fost Manager al Liniei de Producție HDPLD, la Cypress Semiconductor. Din 1992 este fondator al Essex Com srl și LXI Corporation, companii cu sediul în București-România, respectiv în Silicon Valley, California, care sunt specializate în dezvoltarea de software, hardware și servicii de inginerie.

Între 1993 și 2002, a lucrat la firma Catalyst Semiconductor, mai întâi ca VPE (VP Engineering), apoi ca VP Executive, construind, în condiții extrem de dificile, o organizație inginerească eficientă de peste 50 de persoane cu sarcina de a dezvolta un portofoliu variat de produse programabile incluzând Flash, EEPROM și Mixed Signal. A reușit să reîntoarcă la profitabilitate compania, prin restructurarea și re poziționarea activităților, construirea unei echipe noi de management, renegocierea datoriilor și aducerea de capital nou. Ca rezultat, valoarea acțiunilor a crescut cu peste 10 000%, și compania a fost relistată în NASDAQ. Ulterior, compania a fost achiziționată de ON Semiconductor.

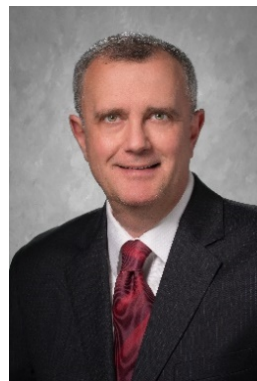
Din 2005 este fondator și CEO al firmei WebVision Inc., o companie privată care dezvoltă tehnologii inovative Web 2.0 pentru accesarea, organizarea și distribuirea informației multimedia. Compania operează un portofoliu de site-uri web de știri și media, incluzând Quazoo.com și Snipview.com.

6.3.5. Radu Bârsan

Radu M. Bârsan, născut în 1953, a absolvit în 1976 secția de Componente și Dispozitive Electronice de la Facultatea de Electronică, Institutul Politehnic București (1976). Are doctorat în Științe Aplicate cu specializare în Microelectronică, Universitatea Catolică Louvain, Belgia (1981), conducător prof. F. Van de Wiele și doctorat în Electronică, IPB (1986), conducător acad. M. Drăgănescu.

A condus, la Facultatea de Electronică, seminarul de dispozitive și circuite integrate MOS și a predat cursul „Elemente de Teoria și Proiectarea Circuitelor MOS Integrate pe Scară Mare”. Ca cercetător științific la ICCE (1976–1982) a creat programe de proiectare asistată de calculator a circuitelor integrate, a dezvoltat primele dispozitive semiconductoare cu transfer de sarcină²⁰⁶ și primele tehnologii de circuite integrate MOS pentru noua întreprindere Microelectronica. La Microelectronica a condus secția de tehnologie și fabricație structuri de circuite integrate de la punerea în funcțiune în 1982 până în 1990. Tehnologiile dezvoltate sub directă sa îndrumare au fost utilizate la fabricația primelor circuite integrate pe scară mare din România, pentru aplicații noi la acea vreme, cum ar fi primul telefon cu tastatură numerică, primul ceas digital de bord auto și altele.

După stabilirea în SUA, în 1990, a contribuit mai întâi (firma Tempcraft din Cleveland, Ohio) la dezvoltarea uneia din primele tehnologii de fabricație aditivă



Dr. Radu Bârsan

²⁰⁶ A scris *Dispozitive și circuite integrate cu transfer de sarcină*, Editura Tehnică, 1981; *Fizica și tehnologia circuitelor integrate pe scară mare*, Edit. Tehnică, 1989 – folosită de multe generații de studenți din România.

tridimensională („3D-Printing”) din lume, folosită la proiectarea elicelor de motoare turboreactoare, denumită stereo-litografie. La firma Cypress Semiconductor din Valea Siliciului în California (vânzări de 500 milioane dolari) a dezvoltat o nouă tehnologie de memorie nevolatilă pentru circuite logice programabile de utilizator. La AMD (Advanced Micro Devices) în Sunnyvale, California (vânzări de 3 miliarde dolari), a condus cercetarea și dezvoltarea a trei noi tehnologii pentru circuite integrate pe scară foarte mare, inclusiv cu memorie nevolatilă integrată. La firma Cirrus Logic din Fremont, California (vânzări de 1,2 miliarde dolari), a condus ca vicepreședinte dezvoltarea de noi tehnologii pentru circuite integrate în colaborare cu două dintre cele mai prestigioase firme din domeniu: IBM și Lucent (fost AT&T). În domeniul dispozitivelor optice a condus ca vicepreședinte al firmei Phaethon Communications din Fremont, California, cercetarea unei noi tehnologii de control a dispersiei impulsurilor laser propagate pe fibre optice de comunicații de foarte mare viteză. Ca președinte al firmei Redfern Integrated Optics (RIO), finanțată de investitori din SUA și Australia și achiziționată ulterior de firma Britanica QinetiQ (vânzări de 1,2 miliarde lire sterline), a condus și contribuit personal la realizarea primului laser din lume cu cavitate externă integrată pe siliciu, cu echipe de ingineri și cercetători în Sydney, Australia și Santa Clara, California. Aceste dispozitive laser de mare precizie sunt folosite în aplicații extrem de diverse, de la comunicații de mare viteză prin fibră optică, la sisteme interferometrice industriale de mare precizie, la sateliți NASA pentru cercetarea calotelor polare, la explorarea zăcămintelor și monitorizarea conductelor petroliere. În domeniul dispozitivelor și circuitelor integrate de putere a condus ca vicepreședinte la firma Power Integrations din San Jose, California (vânzări de 400 milioane dolari), cercetarea și dezvoltarea de tranzistoare de putere, tehnologii pentru circuite integrate de înaltă tensiune și noi materiale semiconductoare pentru dispozitive de putere. Tehnologiile microelectronice dezvoltate sub îndrumarea sa constituie baza fabricației a miliarde de circuite integrate vândute anual, în cele mai diverse aplicații, de la bunuri de consum, telecomunicații, calculatoare, roboți industriali, și până la turbine eoliene, locomotive electrice, conducte petroliere sau panouri solare. Are 17 patente în SUA, în diferite tehnologii și dispozitive semiconductoare și fotonice.

Are peste 50 de articole științifice publicate în reviste internaționale de prestigiu (IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Solid-State Electronics, Applied Physics Letters etc.) și comunicări științifice la conferințe internaționale de specialitate (ESSDERC în Europa, diverse conferințe în SUA sub auspiciile IEEE și OSA). Este membru fondator al Conferinței Anuale de Semiconductoare (CAS) din România, membru al comitetului tehnic de selecție de la înființare în 1977 până în 1986.

6.3.6. Viorel Banu

Viorel Banu a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații, secția Componente și Dispozitive Electronice în 1978, fiind repartizat la IPRS-Băneasa, la secția 2300 – diode și tiristoare. Încă din facultate a fost cooptat în grupul de

cercetare „Studiul contactului metal–semiconductor”²⁰⁷. Primele rezultate din IPRS au fost legate de tensiunile înalte de blocare la tiristoarele de mare putere. A fost inclus în echipa pentru transferul unei licențe de tiristoare de mare putere (AEG-Telefunken). S-a afirmat în continuare în cercetarea tehnologică legată de realizarea a diferite dispozitive de putere, inclusiv în tehnologiilor nucleare în colaborarea cu IFTAR, Măgurele. În IPRS-Băneasa a ajuns până la nivelul de șef de secție.

În 2007, când a emigrat în Spania, trecând la cercetarea dispozitivelor electronice de putere realizate pe semiconductoare de bandă largă (WBG), atât carbura de siliciu (SiC), cât și nitrura de galiu (GaN) sau nitrura de galiu-aluminiu (Al-GaN). La IMB-CNM Barcelona a lucrat la realizarea unor diode pentru misiunea spațială BepiColombo, care urma să trimită o sondă către planeta Mercur²⁰⁸. S-a ocupat de caracterizarea în laborator a dispozitivelor de putere realizate pe carbură de siliciu, de tip diode Schottky, JBS, MOSFET, MESFET, BJT (Junction Bipolar Transistor). A dezvoltat o metodă originală de ciclare în putere care permite cunoașterea temperaturii instantanee atinsă în dispozitivul testat și a defazajului dintre temperatură și puterea aplicată²⁰⁹. S-a ocupat de încapsularea dispozitivelor cu carbura de siliciu, demonstrând o creștere de două ori a capacității în suprasarcina de curent sau peste un milion de cicluri fără modificări sesizabile ale parametrilor²¹⁰ precum și de proiectarea unor circuite integrate pe SiC cu tranzistoare MESFET de putere²¹¹ ș.a.



Dr. ing. Viorel Banu

6.4. O NOUĂ GENERAȚIE AJUNSĂ LA MATURITATE: NANOELECTRONICĂ ȘI NANOTEHNOLOGIE

6.4.1. Sorin Voinigescu

Sorin P. Voinigescu a absolvit (1984) Facultatea de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București, în specialitatea Microelectronică.

²⁰⁷ D. Dascălu, GH. Brezeanu, P.A. Dan, V. Banu, *Bulk Breakdown În Heat-Treated planar Al/n-Si Schottky Diodes*, Revue Roumaine de Physique, Tome 27, 1982, pag. 309–311.

²⁰⁸ V. de exemplu: V. Banu, P. Brosselard, X. Jordá, J. Montserrat, P. Godignon, J. Millán, *Behaviour of 1.2 kV SiC JBS diodes under repetitive high power stress*, Microelectronics Reliability 48 (2008) 1444–1448.

²⁰⁹ V. Banu, V. Soler, J. Montserrat, J. Millán, P. Godignon, *Power cycling analysis method for high-voltage SiC diodes*, Microelectronics Reliability, 2016, Vol. 64 pp 420–423.

²¹⁰ V. Banu, P. Godignon, X. Perpiñà, X. Jordá, J. Millán, *Enhanced power cycling capability of SiC Schottky diodes using press pack contacts*, 23rd European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis, ESREF 2012.

²¹¹ V. Banu, J. Montserrat, M. Alexandru, X. Jordá, J. Millán, P. Godignon, *Monolithic Integration of Power MESFET for High Temperature SiC Integrated Circuits*, Proceeding of: The International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2013.

Lucrarea de diplomă a avut ca subiect zgomotul în diodele de microunde Barritt și Impatt. Zgomotul în tranzistoarele și circuitele integrate de microunde și unde milimetrice este un subiect pe care l-a cercetat de-a lungul următorilor 30 de ani, publicând câteva articole^{212,213} și patente²¹⁴ citate frecvent, și care i-a adus ridicarea la gradul de IEEE Fellow, succes comercial și premiul președintelui companiei multinaționale Nortel în 1996.



Prof. Sorin P. Voinigescu

Între 1984 și 1987, a lucrat în colectivul de Dispozitive de microunde, la Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București, unde a contribuit la proiectarea și demonstrarea sistemului Delta de comunicații între calculatoare prin microunde folosind modulație digitală QPSK, direct la 11 GHz. A dezvoltat un algoritm de rezolvare simultană a ecuației Poisson și Schrodinger în dispozitive quantice, pe care l-a aplicat la cercetarea tranzistoarelor HEMT și a nivelelor energetice în gropi cuantice de potențial cuplate^{215,216}. S-a mutat în Laboratorul de Microunde de la ICCE, unde a contribuit proiectarea, fabricarea și caracterizarea dispozitivelor și circuitelor integrate de microunde.

A făcut doctoratul (1991–1994) la Departamentul de Inginerie Electrică și de Calculatoare al Universității din Toronto, finalizând teza *Tranzistoare p-MOSFET cu heterojuncțiuni Si/SiGe și compatibile cu procesele VLSI*. Astăzi, astfel de tranzistoare p-MOSFET cu canal din SiGe se găsesc în toate procesele de producție CMOS cu dimensiuni minime mai mici de 22 nanometri. Între 1994 și 2000, a lucrat la NORTEL, în Ottawa, unde a fost responsabil cu dezvoltarea modelelor pentru dispozitive semiconductoare din Si, SiGe și materiale III–V. A condus, de asemenea, cercetări în circuite integrate pentru sisteme de comunicație prin telefonie mobilă la 5 GHz și prin fibră optică la 40 Gb/s folosind aceste materiale semiconductoare și tehnologii CMOS, SiGe BiCMOS, GaAs HBT și InP HBT. În anul 2000, Sorin Voinigescu a co-fondat și a fost CTO-ul companiei start-up *Quake Technologies* în Ottawa, Canada, care a introdus primele sisteme-pe-chip SONET la 10 Gb/s și 10 G Ethernet din lume în 2001 și, respectiv, în 2002.

²¹² S.P. Voinigescu, M.C. Maliepaard, J.L. Showell, G. Babcock, D. Marchesan, M. Schroter, P. Schvan, D.L. Hareme, *A Scalable High Frequency Noise Model for Bipolar Transistors with Application to Optimal Transistor Sizing for Low-Noise Amplifier Design*, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol. 32, No. 9, pp. 1430–1438, 1997.

²¹³ T. Yao, M.Q. Gordon, K.K.W. Tang, K.H.K. Yau, M-T. Yang, P. Schvan, S.P. Voinigescu, *Algorithmic Design of CMOS LNAs and PAs for 60-GHz Radio*, IEEE Journal of Solid State Circuits. Vol. 42, No. 5, pp. 1044–1057, May, 2007.

²¹⁴ S.P. Voinigescu, M.C. Maliepaard on *High frequency noise and impedance matched integrated circuits*, US Patent No: 5789799.

²¹⁵ S. Voinigescu, *Quantum modelling of charge distribution in single and multiple heterojunction modfets*, Int. J. Electronics, vol. 66, pp. 227–245, 1989.

²¹⁶ S. Voinigescu, A. Müller, *Charge Dynamics in Heterostructure Schottky-Gate Capacitors and Their Influence on the Transconductance and Low-Frequency Capacitance of MODFET's*, IEEE Trans. Electron. Dev., Vol. ED-36, pp. 2320–2327, 1989.

Din 2002 este profesor și directorul grupului de VLSI în Departamentul de Inginerie Electrică și Calculatoare al Universității din Toronto, unde deține catedra Stanley Ho în Microelectronică. Este autorul câtorva lucrări frecvent citate despre dispozitive și circuite integrate de microunde și unde milimetrice cu Si și SiGe și a unei cărți foarte apreciate în industrie, „*High-Frequency Integrated Circuits*”, Cambridge University Press (2013). În 2008–2009 și 2015–2016 a petrecut ani sabatici la Fujitsu Laboratories of America, Sunnyvale, CA, SUA, la NTT Device Research Laboratories în Atsugi, Japonia, la Robert Bosch GmbH în Germania și la University of New South Wales în Sydney, Australia, unde a făcut cercetări în tehnologiile și circuitele pentru radio, radar și senzori de unde milimetrice, și pentru sistemele de comunicații pe fibră optică la 1Tb/s. În 2009–2010 a co-fundat ca Chief Technology Office (CTO) compania *Peraso Technologies* cu sediul în Toronto, și care dezvoltă și comercializează circuite integrate pentru radiouri la 60 GHz. În 2013, a primit ITAC Lifetime Career Award pentru contribuțiile sale la Industria Canadiană de Semiconductoare.

6.4.2. Adrian Ionescu

Adrian Ionescu, născut în 1965, a absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic București. A obținut doctoratul sub conducerea prof. Adrian Rusu, în 1994. În 1997 susține o a doua teză la Institut National Polytechnique de Grenoble, unde sub îndrumarea profesorului Alain Chovet obține, cu o lucrare experimentală în domeniul materialelor și transistoarelor Silicon-On-Insulator (siliciu pe izolanț). După un an la Stanford University, în SUA, Adrian Ionescu crează la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) laboratorul Nanolab (*Laboratoire des dispositifs nanoélectroniques*: <https://nanolab.epfl.ch/>).



Prof. Mihai Adrian Ionescu

Grupul lui Adrian Ionescu dezvoltă noi concepte pe dispozitive cu un singur electron (*single electron transistor, SET*) și hibridizarea lor pe aceeași platformă tehnologică CMOS. O serie de rezultate și lucrări științifice în acest domeniu îl plasează în grupurile cele mai avansate și rezultatele sale de modelare și concepție de dispozitive și circuite SET²¹⁷. În paralel, grupul lui Adrian Ionescu începe explorarea domeniilor de dispozitive de putere redusă și *More Than Moore*, în care funcții electronice analogice și de radiofrecvență utilizând tehnologii RF MEMS, integrarea de senzori și tehnici de integrare hibridă 3D preced revoluția smartphone-urilor, care va începe în anul 2007. Nanolab-ul lui Adrian Ionescu devine un adevărat lider european de proiecte finanțate de Comisia Europeană, implicând grupuri academice și industriale, permițând creșterea masei critice a grupului său la peste 20 cercetători și obținerea unor rezultate de certă originalitate, publicate în reviste de prestigiu internațional și, în multe cazuri,

²¹⁷ A.M. Ionescu, S. Mahapatra, *Hybrid CMOS single-electron-transistor device and circuit design*, 2006, Artech House, Inc. Norwood, MA, USA.

prezentate la conferințe cu impact major, cum ar fi IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), Device Research Conference (DRC), Transducers și MEMS. Profesorul Ionescu a publicat un număr de peste 500 de articole în reviste și conferințe internaționale²¹⁸ și a condus, până în prezent, peste 40 de teze de doctorat la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Printre contribuțiile originale ale profesorului Ionescu, se pot enumera: conceptul de tranzistor cu corp vibrant („vibrating body FET”) cu aplicații în domeniul de senzori și dispozitive de radiofrecvență Nano-Electro-Mechanical-Systems (NEMS), diferite concepte avansate de transistor cu efect tunel (tunnel FET)²¹⁹, primul concept de tranzistor de tip Density-of-States (DOS), numit Electron-Hole Bilayer Tunnel FET²²⁰, prima demonstrație experimentală a efectului de capacitate negativă²²¹, și, mai recent, elaborarea conceptului de multi-sensor Lab On Skin, pentru explorarea și măsurarea concentrației biomarkerilor în fluide corporale, pentru aplicații în domeniul medicinei personalizate și preventive. Acest ultim concept a permis crearea companiei elvețiene Xsensio²²².

Adrian Ionescu are titlul de *IEEE „fellow”* din anul 2016 și a fost Editor al revistei *IEEE Transactions on Electron Devices* timp de 6 ani (2009–2015). În anul 2009 a primit medalia *André Blondel* decernată de Society of Electrical and Electronics Engineering, Paris, France și, în anul 2013, premiul *IBM Faculty Award*, pentru contribuții în domeniul științelor ingineresti. Un alt rezultat deosebit al carierei sale este coordonarea proiectului pilot FET (Future Emerging Technologies) Flagship intitulat *Guardian Angels for a Smarter Life*, un program de cercetare avansată implicând 66 parteneri internaționali, care a fost clasat în cei patru finaliști ai competiției europene de tehnologii flagship ale viitorului. Din anul 2015 profesorul Adrian Ionescu devine membru al Academiei Elvețiene de Științe Inginerești (SATW)²²³ și membru al Comitetului Științific al SATW. În același an obține premiul *Outstanding Achievement Award 2015* al aceleiași academii de științe. În luna decembrie 2017, Adrian Ionescu a primit o altă recunoaștere internațională de înalt nivel, fiind invitat ca plenary speaker la IEEE International Electron Device Meeting în San Francisco, cu lucrarea „*Energy efficient computing and sensing in the Zettabyte era: from silicon to the cloud*” alături de lideri ai marilor companii de semiconductoare.

6.4.3. Florin Udrea

Florin Udrea s-a născut în 1967, la București. A absolvit, în 1991, Facultatea de Electronică din Politehnica București. În 1992, în cadrul programului Tempus

²¹⁸ <https://scholar.google.ch/citations?user=CDI07dYAAAAJ&hl=en&oi=ao>

²¹⁹ A.M. Ionescu, H. Riel, *Tunnel field-effect transistors as energy-efficient electronic switches*, *Nature* 479 (7373), 2011, pp. 329–337.

²²⁰ L. Lattanzio, L. De Michielis, A.M. Ionescu, Complementary germanium electron–hole bilayer tunnel FET for sub-0.5-V operation, *IEEE Electron Device Letters* 33 (2), 2012, pp. 167–169.

²²¹ G.A. Salvatore, D. Bouvet, A.M. Ionescu, *Demonstration of subthreshold swing smaller than 60mV/decade in Fe-FET with P (VDF-TrFE)/SiO₂ gate stack*, IEEE IEDM 2008.

²²² <https://xsensio.com/>

²²³ <https://www.satw.ch/en/ueber-satw/members/>

finanțat de Comunitatea Europeană, a obținut un Master la Universitatea Warwick din Marea Britanie pe domeniul de microsenzori. În 1995 a terminat teza de doctorat la Universitatea Cambridge în domeniul dispozitivelor semiconductoare de putere²²⁴. În timpul tezei de doctorat a justificat pentru prima dată necesitatea folosirii tehnologiei „trench” în „Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs)”²²⁵ și a propus un nou fenomen fizic – injecția dintr-un strat de inversie (modulat de o poartă MOS) care poate fi folosit în diode, dispozitive bipolare sau tiristoare cu emitor virtual^{226, 227}.

Din 2008, Florin Udrea este profesor universitar și șeful grupului de electronică de putere și senzori din Departamentul de inginerie al Universității Cambridge. Conduce un grup de 20 de cercetători, pe domeniile de microsenzori și dispozitive semiconductoare de putere. În perioada 1995–2000, a dezvoltat tehnologii de „Silicon-on-insulator (SOI)”²²⁸, „power integrated circuits” și Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)²²⁹. În 1998, a introdus conceptul de „Superjunction”²³⁰, astăzi ca una dintre cele mai mari invenții din domeniul de dispozitive de putere. Dispozitivele bazate pe acest concept, precum „Cool MOS”, au o piață anuală de aproximativ 1 miliard de dolari²³¹.

Invenția lui Florin Udrea pe dispozitive de voltaj înalt (600 V) pe membrană²³², a dus la formarea în anul 2000 a companiei *Cambridge Semiconductor Ltd (Camsemi)*, care a vândut peste 1 miliard de circuite integrate de putere și în 2015 a fost cumpărată de Power Integrations, SUA (\$20M).

Cambridge CMOS Sensors (fondată de Florin Udrea în 2008) a fost prima companie care a lansat un microsenzor de gaze pentru calitatea aerului, compatibil cu telefoanele mobile și cu alte dispozitive genul „smart”. În 2016, compania a devenit dintre cele mai profitabile „trade exits” din Universitatea Cambridge, fiind

²²⁴ F. Udrea, (1995). *Novel MOS-gated bipolar device concepts towards a new generation of power semiconductor devices*. PhD Thesis, Cambridge University.

²²⁵ F. Udrea, G.A.J. Amaratunga, (1995). *Theoretical and Numerical Comparison between DMOS and Trench technologies for Insulated Gate Bipolar Transistors*, *IEEE Transaction on Electron Devices*, 42(7), p. 1356–1366.

²²⁶ F. Udrea, C.A.J. Amaratunga, (1994). *Analysis of a MOS-Controllable Thyristor utilizing an Inversion Layer*, *Solid State Electronics*, 37(12), p. 1999–2002.

²²⁷ F. Udrea, U.N.K. Udugampola, K. Sheng, R.A. McMahon, G.A.J. Amaratunga, E.M.S. Narayanan, S. Hardikar, (2002). *Experimental demonstration of an ultra-fast double gate inversion layer emitter transistor (DG-ILET)*. *IEEE ELECTRON DEVICE L*, 23(12), 725–727.

²²⁸ F. Udrea, D. Garner, K. Sheng, A. Popescu, H.T. Lim, & W.I. Milne, (2000). *SOI power devices*. *ELECTRON COMMUN ENG*, 12(1), 27–40.

²²⁹ F. Udrea, & J.W. Gardner, (1996). *Design of a silicon microsensor array device for gas analysis*. *MICROELECTR J*, 27(6), 449–457.

²³⁰ F. Udrea, A. Popescu, & W.I. Milne, (1998). *3D RESURF double-gate MOSFET: A revolutionary power device concept*. *ELECTRON LETT*, 34(8), 808–809.

²³¹ F. Udrea, G. Deboy, & T. Fujihira, (2017). *Superjunction power devices, history, development, and future prospects*. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 64(3), 713–727.

²³² F. Udrea, T. Trajkovic, & G.A.J. Amaratunga, (2004). *Membrane high voltage devices – A milestone concept in power ICs*. În *IEEE INTERNATIONAL ELECTRON DEVICES MEETING 2004, TECHNICAL DIGEST* (pp. 451–454).

cumpărată de Ams (considerată ca cea mai importantă companie în domeniul de senzori pentru mediul înconjurător în aplicații ca „smart homes”, „smart wearables” și „smart devices”). A coordonat din partea Universității Cambridge și a companiei *Cambridge CMOS Sensors* multe proiecte europene, de exemplu: Framework V WIDE-RF și ROBUSPIC, Framework VI, SOI-HITS, Horizon 2020 MSP, GREEN DIAMOND, E2-SWITCH, NANO2SENSE. A avut și are multe proiecte industriale cu parteneri ca ABB (Elveția), Infineon (Germania), Honeywell (SUA și România), Fuji Electric (Japonia), Denso (Japonia), Toyota (Japonia), Vishay (Taiwan), Siliconix (SUA), XFAB (Malaysia și România), NXP (Belgia), On-Semiconductor (Germania și SUA). Este în prezent CTO la *Cambridge Microelectronics*, director în *Flusso* și *Cambridge GaN Devices* și director academic în comitetul director al Cambridge Enterprise. Este, de asemenea, director senior la Ams în divizia de senzori pentru mediul înconjurător.

A câștigat Premiul Tudor Tănăsescu al Academiei Române (2002) și Medalia de Argint a Academiei Regale de Inginerie din Marea Britanie în 2012 pentru „*outstanding personal contribution to British Engineering*”²³³. Are peste 500 de articole, peste 100 de patente internaționale, peste 50 de lucrări invitate la diferite instituții și conferințe. A fost ales în 2015 ca *academician („fellow”) al Academiei Regale de Inginerie din Marea Britanie*²³⁴, cel mai înalt titlu la care poate aspira un inginer din Marea Britanie.

6.4.4. Sorin Melinte



Prof. univ. dr. Sorin Melinte

și caracterizarea sistemelor dimensionale reduse – mezoscopice și nanoscopice – sub formă de straturi metalice subțiri și heterostructuri semiconductoare III–V. După ce a obținut titlul de doctor în 2001 la UCL, dr. Melinte a dezvoltat noi dispozitive electronice în heterostructuri bazate pe GaAs/AlAs la Universitatea

Sorin Melinte s-a născut la Galați, în 1969. A urmat Facultatea de Fizică a Universității București, specializându-se în Fizica Solidului (1994). După o scurtă colaborare cu Institutul de Cercetări și Proiectări Electrotehnice (ICPE) din București și-a reluat cariera științifică la UCL *Université catholique de Louvain (UCL), Louvain-la-Neuve, Belgia*, cu un masterat și apoi o teză de doctorat. Împreună cu profesorii Vincent Bayot, Mladen Horvatic și Claude Berthier, dr. Melinte a făcut primele măsurători de rezonanță magnetică nucleară în sisteme electronice bidimensionale în 1999, la Laboratorul de Câmpuri Magnetice Intense din Grenoble. Principalele obiective ale cercetării doctorale au fost fabricarea

²³³ <http://www.eng.cam.ac.uk/news/professor-florin-udrea-wins-royal-academy-engineering-award-outstanding-commercial-success>.

²³⁴ <https://www.raeng.org.uk/about-us/the-fellowship/new-fellows-2015/fellows/florin-udrea>.

Princeton, în anii 2001–2003. Trei articole în *Physical Review Letters* au fost citate de peste 100 de ori²³⁵.

Ulterior, dr. Melinte și-a început profesoratul la UCL și a creat Grupul de Electronică Moleculară din UCL în 2003. Principalul scop al grupului său de cercetare a fost și este să stabilească dacă o moleculă sau un set finit de molecule pot îndeplini toate funcțiile de bază ale componentelor electronice convenționale (de exemplu, diode și tranzistoare). Una dintre problemele principale legate de nanoelectronica și nanofotonica moleculară și, în același timp, un subiect continuu de cercetare este interconectarea unităților moleculare, pentru a obține arhitecturi capabile să efectueze operații aritmetice sau logice.

În perioada 2008–2011 a colaborat cu Centrul de Nanotehnologii din IMT și a avut un rol cheie în redactarea propunerii de proiect CENASIC care a asigurat investiția necesară construcției Centrului de nanometariale bazate pe carbon, infrastructură inaugurată în 2015 în IMT (secțiunea 4.3.7).

Din 2012, grupul dr. Melinte a adus contribuții și în domeniul nanoenergiei și nanofotonicii cu nanostructuri de Si²³⁶, rezultatele definindu-l drept una din echipele din Europa cele mai dinamice în dezvoltarea de noi aplicații cu nanofire de Si.

6.4.5. Daniel Lăpădatu

Daniel Lăpădatu s-a născut în 1967, la Turnu Măgurele. A absolvit Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Institutului Politehnic București, Secția de Microelectronică, în 1991. În 1992 a obținut titlul de M.Sc. la Facultatea de Științe Aplicate (*Applied Sciences*) al Universității Catolice din Leuven (*KU Leuven – Katholieke Universitet Leuven*), Belgia. Lucrarea de masterat a prezentat un nou mecanism de stopare automată a procesului de corodare anizotropă a siliciului în soluții alcaline, care a permis automatizarea unui proces tehnologic de bază în fabricarea dispozitivelor MEMS²³⁷. Lucrarea de doctorat²³⁸ a prezentat limitele tehnologice și fizice ale accelerometrelor capacitive.



Dr. Daniel Lăpădatu

²³⁵ V. Bayot, E. Grivei, S. Melinte, M.B. Santos, M. Shayegan, *Giant Low Temperature Heat Capacity of GaAs Quantum Wells near Landau Level Filling $\nu = 1$* , *Phys. Rev. Lett.* **76** (1996), 4584–4587; S. Melinte, N. Freytag, M. Horvatic, C. Berthier, L.-P. Lévy, V. Bayot, and M. Shayegan NMR Determination of 2D Electron Spin Polarization at $\nu = 1/2$, *Phys. Rev. Lett.* **84** (2000), 354–357; E. Tutuc, S. Melinte, and M. Shayegan Spin Polarization and g-Factor of A Dilute GaAs Two-Dimensional Electron System, *Phys. Rev. Lett.* **88** (2002), 036805(4).

²³⁶ A. Vlad, A.L.M. Reddy, A. Ajayan, N. Singh, J.-F. Gohy, S. Melinte, P.M. Ajayan, Roll-Up Nanowire Battery from Silicon Chips, *Proc. Natl. Acad. Sci.* **109** (2012), 15168–15173; A. Vlad, A. Frölich, T. Zebrowski, C.A. Duțu, K. Busch, S. Melinte, M. Wegener, and Isabelle Huynen, *Direct Transcription of Two-Dimensional Colloidal Crystal Arrays into Three-Dimensional Photonic Crystals*, *Adv. Funct. Mater.* **23** (2013), 1164–1171. [Research highlights, *Materials Today* **15** (2012), 531.

²³⁷ D. Lapadatu, *Photovoltaic and Electrochemical Etch-Stop Mechanism*, M.Sc. thesis, K.U. Leuven, 1992.

²³⁸ D. Lapadatu, *Limits in Miniaturisation of Bulk Micromachined Capacitive Accelerometers*, Ph.D. thesis, K.U. Leuven, 1996.

În 1996, Daniel Lăpădatu s-a angajat la firma norvegiană SensoNor ASA. Între 1996 și 2003, a participat activ în designul tuturor produselor SensoNor: accelerometrele SA5 (întrerupător uniaxial)²³⁹, SI10 (biaxial, capacitiv)²⁴⁰, SA30 (biaxial, piezorezistiv), SA50 (biaxial, capacitiv), SAC60 (uniaxial, piezorezistiv) și a senzorului de viteză unghiulară SAR10 (uniaxial, capacitiv)²⁴¹. Între 2003 și 2009, în urma achiziției SensoNor-ului, Daniel Lăpădatu a lucrat pe poziția de *Senior Engineer* în cadrul companiei germane Infineon Tehnologies AG, devenind responsabil de punerea în practică și managementul programului MultiMEMS²⁴², oferea un serviciu MPW (*Multi-Purpose Wafer*) partenerilor industriali și academici. Daniel Lăpădatu a reprezentat Infineon Tehnologies în câteva proiecte europene, STIMES, MicroBuilder, PATENT-DfMM, EUMIREL Service Cluster etc. Între 2009 și 2014, în urma unui proces de management *buy-back*, a revenit la Sensor AS și a fost proiectantul senzorului de viteză unghiulară SAR500 și a capsulelor ceramice de mare eficiență termică dedicate acestuia și bolometrului SB100. Noua tehnologie, o combinație structurală a sticlei și siliciului, patentată, urma să permită fabricarea celui mai performant giroscop MEMS^{243,244}. Între 2014 și 2015, în cadrul firmei poLight, Daniel Lăpădatu a conceput și pus în practică o metodă de testare a rezilienței la șoc a lentilei TLens[®], o lentilă piezoelectrică dedicată modulelor optice din telefoanele mobile inteligente (*smartphones*). Din 2015 este director tehnic la compania română Alfa Rom Consulting SRL.

Este autor a numeroase articole științifice în domeniul dispozitivelor MEMS, a micro- și nanotehnologiilor și a sistemelor de poziționare și navigație inerțială, ca și al unor capitole de specialitate în diverse cărți științifice²⁴⁵.

6.5. IN MEMORIAM

6.5.1. Andrei Mircea (1935–2011)²⁴⁶

Andrei Mircea s-a născut în anul 1936, la București. În 1951 își începe studiile universitare la Institutul Politehnic din București și în paralel la Universitatea

²³⁹ D. Lapadatu, H. Jakobsen, *Building of silicon mechanical sensors by bulk micromachining and anodic bonding*, *Romanian Journal of Information Science and Technology*, Vol. 2, 1–2 (1999), p. 71.

²⁴⁰ D. Lapadatu, S. Habibi, B. Reppen, G. Salomonsen, T. Kvisterøy, *Dual-axes capacitive inclinometer/low-g accelerometer for automotive applications*, *Proc. of MEMS 2001* (2001), p. 34; JP2001-203371, „Micromechanical Device”, Japan patent, 2001; KR1020000051999, „Micromechanical Device”, Korea patent, 2001.

²⁴¹ US6684699 B1, *Micromechanical Device*, US patent, 2004; EP1096260 B1, „Micromechanical Device”, European patent, 2005.

²⁴² D. Lăpădatu, *MultiMEMS Design Handbook*, Infineon Technologies AG and Sensoror Technologies, 2009.

²⁴³ WO2011/128449, *MEMS Structure for an Angular Rate Sensor*, World patent, 2011.

²⁴⁴ EP2378246 A1, *MEMS Structure for an Angular Rate Sensor*, European patent, 2011.

²⁴⁵ D. Lăpădatu, *Sensors for Automotive Applications*, Vol. 4, Chapter 5 – Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2005; D. Lapadatu, *Nanoelectronics: Materials, Devices, Applications*, Vol. 2, Chapter 16 – Heterogeneous Systems, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2017.

²⁴⁶ Fragmente reproduce cu permisiunea autorului (Aurel Millea) din biografia publicată (pp. 116–121) în *File din istoria radiotehnicii și electronicii românești: personalități* (Coord. Andrei Ciontu), NAGARD, Lugoj 2013.

București. Și-a obținut diploma de inginer, specialitatea Radiocomunicații, la Institutul Politehnic București, în 1956 (a făcut parte din prima promoție a Facultății de Electronică și Telecomunicații) și diploma de fizician, specialitatea Fizica Solidului, la Universitatea București, în 1959. A obținut titlul de doctor inginer în Telecomunicații, la Institutul Politehnic București, în 1966 și titlul de „Docteur es-Sciences” la Université Pierre-et-Marie-Curie, Paris, în 1976 (în 1968 părăsise România și se stabilise definitiv în Franța).



Dr. Andrei Mircea

A fost asistent la Institutul Politehnic București, Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Catedra de Radiocomunicații condusă de prof. Gheorghe Cartianu (1956–1957); cercetător la Institutul de Cercetări Electrotehnice, București (1957–1960), care a fost transferat ca Laborator de Semiconductori, I.P.R.S. Băneasa, Băneasa (1965–1968); cercetător principal la Institutul de Fizică Atomică (I.F.A.), Laboratorul Tehnologia Vidului, Măgurele (1965–1968); în Franța este succesiv, cercetător la Philips, la Radiotechnique-Compelec, Laboratoire de Semiconducteurs, Suresnes, Franța (1968–1970); cercetător, șef al Grupului Dispozitive Microelectronice (cca 20 pers.) și șef al Departamentului Studii de Bază, Fizică și Tehnologie (cca 30 pers.) la Philips, Laboratoire d’Electronique et de Physique (L.E.P.), Limeil Brévannes (1970–1979); cercetător, șef al Departamentului Fizica și Tehnologia Dispozitivelor Semiconductoare (cca 40 pers.) (1979–1980), șef al Departamentului Materiale Semiconductoare (cca 20 pers.) (1980–1984), șef al Diviziei Componente Optoelectronice (cca 70 pers.) (1984–1994), adjunct al directorului, coordonator al programului CATON (composants pour transmissions optiques numériques) (cca 70 pers.) la France Telecom, Centre National d’Etudes des Télécommunications (C.N.E.T.), Centre Paris B, Laboratoire de Bagneux (1979–2000).

Activitatea sa științifică a fost în principal orientată către următoarele domenii: teoria comunicațiilor (distorsiuni ale semnalelor modulate în frecvență, răspunsul rețelelor la semnale cu MF, zgomote de intermodulație în prezența semnalelor MF etc.); fizica vidului; dispozitive semiconductoare în general (măsurări de rezistivitate la plăci semiconductoare, diode Gunn și IMPATT, dispozitive semiconductoare pentru microunde, optimizări tehnologice etc.); epitaxie cu compuși organometalici. A fost distins cu: Prix Foucault de la Société Française de Physique (1979) pentru cercetări asupra Nivelelor Adânci în Semiconductori; Prix C.N.E.T. France Telecom (1990) pentru cercetări în domeniul Epitaxiei cu Compuși Organometalici.

Rezultatele activității sale de cercetare sunt validate de: 128 articole științifice publicate ca autor sau coautor în reviste internaționale prestigioase cum sunt: IEEE Proceedings, IEEE Transactions on Electron Devices, IEEE Electron Device Letters, Solid State Electronics, Onde Electrique, Journal of Scientific Instruments, Applied Physics, Solis State Comm., Journal of Crystal Growth, International Journal of Electronics, Electronics Letters etc.

În perioada 1960–1968, lucrând la Laboratorul de Semiconductori al ICET și apoi la I.P.R.S. Băneasa, viziunea sa de inginer, dublată de cea a fizicianului,

i-a permis crearea de noi dispozitive optoelectronice, realizarea de circuite integrate, perfecționarea unor tehnologii de fabricare a acestora etc. – ceea ce a condus la o unanimă apreciere de către colegii și colaboratorii săi.

În a doua parte a vieții sale, în Franța, Andrei Mircea a dovedit calități foarte bune de organizator și coordonator, ca dovadă i s-au încredințat în toată aceasta perioadă funcții de șef de laborator sau de compartiment, director adjunct. Însă, spre deosebire de mulți alți „șefi”, care se limitează la conducere și supervizare, el a fost tot timpul un cercetător activ, lucrând cot la cot cu cei din colectivele pe care le conducea. Mărturia cea mai bună este numărul mare de comunicări, articole și alte lucrări elaborate, la care era cel mai des primul autor, publicate în reviste internaționale de prestigiu. Tot în Franța, în anul 1996, la CNET a fost declarat „OMUL ANULUI”, iar raportul personal asupra realizărilor, pe care l-a prezentat acolo în plenul consiliului științific al instituției, a fost aplaudat de asistență.

În anul 2000, după pensionare, se alătură unei echipe care lucra la un proiect cu finanțare extrabugetară la Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL, Elveția). Lucrează aici până la sfârșitul vieții sale, care survine în ziua de 5 martie 2011, în urma unui al doilea atac de cord, care l-a găsit pe ... „frontul” cercetării științifice.

7. ÎN LOC DE ÎNCHEIERE

Facultatea de Electronică și Telecomunicații a Politehnicii bucureștene, prin profesorii Tudor Tănăsescu și Mihai Drăgănescu a susținut două orientări strategice ale statului român: dezvoltarea fizicii nucleare, respectiv a industriei electronice și de calculatoare. **Scoala politehnică** și-a adus contribuția nu numai prin inițierea și pilotarea unor cercetări științifice, ci mai ales prin formarea unor generații de specialiști de primă mână, recrutați dintr-un număr mare de absolvenți de liceu atrași de domenii noi și antrenați în Olimpiadele școlare de matematică și fizică. *Competitivitatea* a fost cultivată în școală sau facultate, dar și în industria de semiconductori a României care – împreună cu educația universitară și cercetarea – au asigurat un mediu propice creației științifice și tehnologice. Eforturile inginerilor români de a dezvolta dispozitive sau tehnologii au contribuit și ele la o formare excelentă și nu trebuie desconsiderate. Ne referim și la *ingineria inversă* (termenul neacademic de „japonizare” este semnificativ pentru experiența unuia din țările – astăzi – cele mai avansate în domeniu). Astfel de ingineri au dat ulterior, în străinătate, întreaga măsură a potențialului lor creativ.

Presiunile și limitările din ultimii 10–15 ani ai regimului comunist au determinat plecarea multor specialiști iar exodul s-a accentuat după decembrie 1989, în lipsa unor priorități naționale și pe fondul indifferenței față de industria autohtonă. Au supraviețuit și s-au adaptat unele activități de cercetare, iar românii din țară, ca și cei din diasporă, își valorifică în continuare competențele printr-o gamă foarte largă de activități, contribuind la dezvoltarea cunoașterii în domeniul *micro- și nanoelectronicii*. Legăturile cu cercetarea europeană și cu mediul de afaceri creează premise ca această cunoaștere să fie valorificată prin inovare și în România.

DIN ISTORIA INFORMATICII TEORETICE ROMÂNEȘTI

ACAD. GHEORGHE PĂUN

PRECIZĂRI PRELIMINARE

Fără a fi o istorie propriu-zisă a informaticii teoretice românești (nici titlul nu promite așa ceva), nepropunându-și adică să fie exhaustivă și nefiind nici bazată pe cercetări de arhivă, prezentarea care urmează va rememora totuși o serie de momente semnificative din evoluția domeniului în țara noastră. Vom merge în trecut până în „preistoria” informaticii (teoretice), chiar înainte de constituirea „științei calculatoarelor” în lume (preiau sintagma curentă, *computer science*, folosită în limba engleză), invocându-l pe Gabriel Sudan, cel care, în 1927, producea – fără a avea această intenție, pentru că nici terminologia nu exista pe atunci – primul exemplu de funcție recursivă care nu este primitiv recursivă, insistând apoi asupra celor doi *fondatori* ai informaticii (teoretice) românești, Grigore C. Moisil și Solomon Marcus, ajungând în zilele noastre, la multitudinea de contribuții ale informaticienilor români la cele mai diverse direcții de cercetare active internațional. Evident, „imaginea” informaticii actuale va fi lacunară, multe sute de informaticieni teoreticieni români care lucrează la ora aceasta în țară și în lume neputând fi nici măcar enumerați aici.

Prezentarea va fi succintă, fără detalii tehnice, cu informare și puncte de vedere fatalmente limitat-personale, dar cu suficiente referințe pentru a fi un bun punct de plecare pentru o istorie mai completă. O provocare, însă, pentru cititor, de a continua acest demers. (În ceea ce privește fotografiile, ele prezintă numai o mică parte a informaticienilor români invocați în text – depinzând mult și de posibilitatea de a găsi fotografii pe internet, sursa majorității celor ce vor urma.)

CONTURAREA DOMENIULUI

Sintagma „informatică teoretică” poate suscita multe discuții. Nu ne interesează aici altceva decât o delimitare (de restul informaticii, dar nu numai, în măsura în care acest lucru este posibil) care să clarifice alegerea subiectelor discutate în continuare.

Se pot propune multe aproximări: informatică matematică, intersecția matematicii cu „știința calculatoarelor”, matematică aplicată în informatică (cu întrebarea posibil tendențioasă dacă avem de a face cu o ramură a matematicii sau cu una a informaticii, tendențioasă fiind sugestia de a trimite informatica teoretică *dincolo*). Se mai folosește și expresia „fundamente ale informaticii”, mai ales la nivel didactic, dar în acest caz se includ și teme mai apropiate folosirii efective a calculatoarelor (programare, optimizări, algoritmică aplicată).

Gr.C. Moisil își începea articolul *Activitatea Centrului de Calcul al Universității București* (publicat în *Automatica*, nr. 13–14, 1970, și reprodus în volumul *Grigore C. Moisil și continuatorii săi/Grigore C. Moisil and His Followers*, editat de Afrodita Iorgulescu, Solomon Marcus, Sergiu Rudeanu, Dragoș Vaida, Edit. Academiei Române, București, 2007, pp. 133–155) cu fraza „Știința calculatoarelor, în țara noastră își are originea în anume preocupări ale matematicienilor”. Restrângând la informatica teoretică, despre „preocupări”, nu numai „ale matematicienilor”, ci *de tip matematic*, va fi vorba în cele ce urmează. (Volumul citat mai devreme oferă și o sursă bogată de informații privind începuturile informaticii românești, inclusiv legate de construirea primelor calculatoare, CIFA, de exemplu, primele aplicații, în probleme economice, traducere automată etc., care se plasează, desigur, în afara scopului acestor pagini.)

La modul și mai practic, putem contura subiectul abordat aici, informatica teoretică, prin enumerarea direcțiilor de cercetare care „au primit nume” în clasificarea curentă a informaticii. Vom avea în vedere, în primul rând, teoria automatelor, teoria limbajelor formale (de la gramatici Chomsky la modele generative ulterioare, cum ar fi sistemele Lindenmayer, gramaticile contextuale Marcus, gramaticile cu restricții în derivare, sistemele de gramatici), teoria complexității calculului, teoria calculabilității în general (de la funcții recursive la hipercalculabilitate), calculul natural (în special ramurile bine matematizate, cum sunt calculabilitatea moleculară, celulară, cuantică), dar și abordările algebrice și logice (la un pas de acestea, în anii 1950, teoria algebrică a schemelor cu contacte și relee, numite uneori *automate* cu contacte și relee).

CONSIDERAȚII GENERALE

Trecerea în revistă a momentelor mai semnificative din istoria informaticii teoretice românești pe care o vom face în cele ce urmează ne prilejuiește și ilustrează-demonstrează câteva observații/afirmații de interes:

1. **Sincronizarea** informaticii românești cu informatica mondială, creșterea simultană, atât în ceea ce privește proiectarea și construirea de calculatoare (seria CIFA – Calculatorul Institutului de Fizică Atomică, construit de inginerul Victor Toma, ulterior membru de onoare al Academiei Române, cu primul exemplar terminat în toamna anului 1957, urmat de calculatoarele construite la Timișoara, MECIPT, terminat în 1962, apoi DACICC – Dispozitivul Automat de Calcul al Institutului de Calcul din Cluj etc.), cât și în ceea ce privește informatica teoretică.

Va rezulta acest lucru din cele ce vor urma, reiau aici o frază din articolul invocat și mai devreme: „La un moment dat, într-o statistică făcută de alții [M.A. Gavrilov, în 1956, într-un volum editat de Academia de Științe a URSS], se vedea că *școala din București era a treia în lume în acest domeniu de cercetare* [teoria algebrică a schemelor cu contacte și relee], *imediat după URSS și SUA*” [sublinierea aparține lui Moisiu]¹.

2. Există numeroase contribuții de **pionierat** în informatică ale cercetătorilor români, priorități, domenii inițiate de români și devenite active internațional, uneori asociate explicit cu numele inițiatorilor. „Cazul” Sudan a fost amintit mai devreme, Moisiu și Marcus au fost și ei numiți, vor urma și alții (Samuel Abraham, Sergiu Rudeanu și Peter Hammer, încă din anii 1960, mulți alții din ultimele decenii).

3. Nu numai că informaticienii români lucrează **peste tot în lume**, în companii de software sau în universități, ci există un număr dintre aceștia care ocupă **poziții** – ranguri universitare, dar și funcții administrative sau în colective editoriale etc. – de mare vizibilitate, prestigiu și influență. Acest lucru a devenit posibil mai ales după Decembrie 1989, când informatica românească a trimis cercetători de vârf, din Canada și SUA până în Noua Zeelandă și Finlanda; evident, multe nume vor fi menționate, fără a-i putea aminti pe toți românii care ocupă poziții de vârf în informatica țărilor amintite.

SCURTĂ ISTORIE A INFORMATICII

Pentru a avea un cadru general de referință (pentru a evalua, de exemplu, prioritățile românești și sincronismul), este utilă o rapidă trecere în revistă a momentelor notabile din evoluția informaticii în general. Nu voi trimite până la originea termenului *algorithm* și la exemple celebre, unele antice, ci voi începe prin invocarea lui David Hilbert (1862–1943), matematicianul german care, mai întâi în 1900 (într-o primă formă), apoi prin anii 1920, a pus întrebarea „ce se poate calcula mecanic” (deci algoritmic). Mai mulți matematicieni, mai ales venind dinspre logică (S.C. Kleene, E. Post, A. Church) au propus diverse moduri de a răspunde acestei provocări, diferite modele/formalismenite a defini *calculabilul* (lambda calcul, funcții recursive, sisteme Post), dar cel mai convingător răspuns a fost cel dat de Alan M. Turing (1912-1954), în teza sa de doctorat (susținută la Princeton, sub conducerea lui Alonzo Church), unde a introdus modelul care acum se numește *mașină Turing*. Articolul considerat moment de naștere al informaticii (a se vedea, de pildă, Martin Davis, *What is a Computation?*, în volumul *Mathematics Today. Twelve Informal Essays*, editat de Lynn Arthur Steen, Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1978) a apărut în 1936: A.M. Turing, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, *Proceedings of the London Mathematical Society*, Ser. 2, 42 (1936), pp. 230–265, cu o erată în numărul 43 (1936), pp. 544–546. În lucrarea sa, Turing nu numai că a introdus un model

¹ Notele marcate cu paranteze drepte îmi aparțin.

„convingător” de calcul (transparent, minimalist, capabil însă să simuleze toate modelele anterioare), dar a mai făcut două lucruri fundamentale pentru ceea ce avea să urmeze: a definit o *mașină universală* (și a demonstrat existența acesteia – model ulterior pentru calculatoarele programabile de astăzi) și a identificat probleme insolubile algoritmic (răspunzând astfel negativ *Entscheidungsproblem* lui Hilbert). Au fost introduse apoi versiuni restrictive ale mașinii Turing, cu automatele finite (W.S. McCulloch, W.H. Pitt, 1943) plecând de la modelarea neuronilor și a rețelelor neurale.

Un moment crucial a fost introducerea, de către Noam Chomsky, în 1956, a gramaticilor generative care îi poartă numele. Obiectivul era modelarea gramaticii unei limbi naturale, dar adevărata dezvoltare a teoriei limbajelor formale s-a produs în legătură cu limbajele de programare, după ce S. Ginsburg și H.G. Rice au observat, în 1961, că sintaxa limbajului Algol 60 poate fi descrisă cu ajutorul gramaticilor independente de context ale lui Chomsky. În 1962, R.W. Floyd remarcă faptul că gramaticile independente de context nu sunt suficiente (pentru a acoperi și restricțiile semantice), cam în aceeași vreme s-a observat că nici engleza „nu este independentă de context”, fapt care a motivat introducerea unor clase de gramatici mai puternice (dar fără să piardă prea mult din „trăsăturile convenabile” ale gramaticilor independente de context – de pildă, posibilitatea de parsare economicoasă, în timp polinomial, sau de descriere a unei derivări printr-un arbore). A fost vremea gramaticilor cu restricții în derivare – cu prima dintre acestea introdusă de un român, Samuel Abraham: gramaticile matriciale (voi reveni, desigur).

Un an important este 1968, când biologul olandez Aristid Lindenmayer introduce un model pentru creșterea organismelor multicelulare, iar Solomon Marcus introduce o clasă de gramatici, le-a numit *contextuale*, fără simboluri auxiliare/neterminale, simboluri care sunt centrale gramaticilor Chomsky.

Automatele recunosc șirurile unui limbaj, gramaticile le generează; și unele și celelalte au de a face cu *puterea de calcul*, cu competența. Pentru aplicații, importantă este *performanța*, costul rezolvării unei probleme. A apărut astfel teoria complexității calculului (la mijlocul anilor 1960, când Juris Hartmanis și Richard E. Stearns au definit indicatorii rămași fundamentali pentru evaluarea complexității unui algoritm, timpul și spațiul).

Calculatoarele curente („de tip Turing–von Neumann” – John von Neumann a construit, la începutul anilor 1940, primele calculatoare, influențat explicit de ideile lui Turing) sunt ineficiente în rezolvarea problemelor de complexitate exponențială, așa cum sunt mai toate problemele practice netriviabile (fără a intra în detalii, plecăm de la premisa că nu avem egalitatea $P = NP$, întrebarea dacă egalitatea anterioară este sau nu adevărată fiind una dintre cele șapte „probleme ale mileniului”, inventariate în anul 2000 de Clay Mathematical Institute din SUA, și principala problemă deschisă a informaticii actuale; referințe pot fi găsite pe internet). A apărut astfel o puternică motivare pentru ceea ce se cheamă acum *calcul natural*, care are, de fapt, două obiective majore (promițătoare și ambițioase; a se vedea *Handbook of Natural Computing*, 4 volume, Springer-Verlag, Berlin,

2012, editat de G. Rozenberg, Th. Bäck, J.N. Kok): (1) de a descoperi–abstractiza–învăța noi idei–modele–paradigme de calcul din natură, în special din biologie, și (2) de a investiga procesele din natură (în special din biologie) în termeni computaționali. Dintre domeniile de calcul natural în care informatica românească are contribuții majore, menționez doar calculul pe bază de ADN, calculul celular (numit *membrane computing* în comunitatea internațională) și calculul cuantic.

Desigur, multe alte momente importante ale istoriei teoriei automatelor, gramaticilor, complexității, calculului natural, ale informaticii teoretice în general ar fi meritat să fie menționate, unele vor fi amintite în paginile următoare, dar ne oprim aici, reluând încă un citat din textul lui Gr.C. Moisil, despre o contribuție românească cu totul remarcabilă, din anii 1960, la... calculul cuantic: de câțiva ani au fost produse *calculatoare cuantice* de un tip restrictiv, neuniversale, capabile de rezolvarea unor probleme care se reduc la programare pseudobooleană, subiect dezvoltat de profesorii Sergiu Rudeanu și Peter Hammer (pe atunci, Ivănescu), la București, pe vremea când nici nu se vorbea despre calculatoare cuantice (primele speculații apar prin anii 1970). Spune Moisil: „Locul pe care-l are școala din București, în fundarea și dezvoltarea *programării pseudobooleene* e o mândrie a Facultății de Matematică și a Institutului de Matematică”.

GABRIEL SUDAN (1899–1977)

Nu la legătura, peste ani, a funcțiilor pseudobooleene cu calculul cuantic s-a gândit Moisil, dar o intuiție similară, de mare impact, a avut în ceea ce privește primul exemplu de funcție recursivă care nu este primitiv recursivă, prioritate atribuită multă vreme lui W. Ackermann (*Zum Hilbertschen Aufbau der reellen Zahlen, Math. Ann.*, 99 (1928), pp. 118–133). În aprilie 1973, înainte de a pleca în Canada, Moisil i-a spus lui Solomon Marcus că Sudan, student al lui Hilbert împreună cu Ackermann în anii 1920, la Göttingen – și-a susținut teza de doctorat în 1925 – ar fi produs un asemenea exemplu. Nu a apucat Moisil să dea amănunte, nu este clar ce amănunte avea, iar în Canada a decedat, drept



Gabriel Sudan

care, a relatat ulterior în diverse locuri profesorul Solomon Marcus, s-a declanșat o veritabilă operațiune detectivistică, în căutarea, în primul rând, a lucrării în care Gabriel Sudan avea exemplul respectiv – desigur, în cu totul alt context și cu altă terminologie decât cea a funcțiilor recursive, domeniu dezvoltat abia în anii 1930. Au pornit căutarea Cristian Calude, student atunci la Facultatea de Matematică a Universității din București, și Ionel Țevy, cercetător la Institutul de Matematică al Academiei Române. „După o examinare atentă a tuturor articolelor și cărților prof. Sudan, Cristian Calude își oprește atenția asupra articolului *Sur le nombre transfini* ω^ω [*omega-la-omega*], publicat în *Bulletin Mathématique de la Société Roumaine*

des Sciences, vol. 30, 1927, fasc. 1, pp. 11–30.” (S. Marcus, *Din gândirea matematică românească*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1975) Acesta era articolul căutat! Funcția cu pricina era notată cu φ , avea unele similarități cu funcția lui Ackermann (ambele sunt obținute prin superpoziția a două funcții), ceea ce era firesc, pentru că cei doi erau colegi, despre ambele a fost arătat ulterior că sunt recursive și nu sunt primitiv recursive – doar că pentru funcția lui Ackermann acest lucru s-a făcut mai demult (R. Péter, 1956) și a fost menționată ca atare în bibliografia domeniului. În urma lucrării C. Calude, S. Marcus, I. Tevy, *The First Example of a Recursive Function which Is Not Primitive Recursive*, *Historia Mathematica*, 6 (1979), pp. 380–384, ambii matematicieni, W. Ackermann și Gabriel Sudan sunt acum considerați a fi simultan și independent autorii primului exemplu de funcție de genul discutat.

ÎNCEPUTURILE. AUTOMATELE/CIRCUITELE CU CONTACTE ȘI RELEE



Grigore C. Moisil

În volumul *Grigore C. Moisil și continuatorii săi* găsim multe informații despre deceniile de la mijlocul secolului trecut, contemporane lui Turing, de începuturi pentru calculatoare (încă nu apăruseră circuitele integrate, care vor sta la baza calculatoarelor de generația a treia). Teoria automatelor era în dezvoltare, nu și teoria limbajelor formale (chiar dacă predecesori pot fi identificați cu mult înaintea lui Chomsky: Axel Thue, încă de la începutul secolului al XX-lea, ba chiar și la Gauss se găsesc elemente de limbaje formale: a se vedea, de exemplu, L. Kari, S. Marcus, Gh. Păun, A. Salomaa, *In the Prehistory of Formal Languages: Gauss Languages*,

Bulletin of EATCS (European Association for Theoretical Computer Science), 46 (1992), pp. 124–139).

Termenii care descriu istoria informaticii românești din anii 1940–1960 sunt logică, mecanisme automate, scheme cu contacte și relee și, din punctul nostru de vedere, teorii algebrice ale tuturor acestora. Iar promotorul tuturor acestora era **Grigore C. Moisil**, „părintele logicii matematice în România” (George Georgescu, Afrodita Iorgulescu, Sergiu Rudeanu, *Some Romanian Research in Algebra of Logic*, pp. 86–120). Moisil ținușe lecții de logică și teoria demonstrației, la Universitatea din Iași, încă din 1933–1934, dar abia în 1949, el însuși menționează acest lucru, a „aflat de la Leon Livovschi, că algebrele lui Boole sunt întrebuițate de V.I. Șestacov și M.A. Gavrilov, ca instrument matematic al studiului automatelor cu contacte și relee” (Gr.C. Moisil, *Activitatea... op. cit.*, p. 133). Lucrurile s-au mișcat foarte repede. În 1954 Moisil a demarat un curs liber de *Teoria algebrică a mecanismelor automate* (la Facultatea de Matematică,

București²), s-a format un grup (printre primii membri, alături de Moisil și Livovschi, au fost matematicienii cu diplomă și de inginer Mariana Coroi, Paul Constantinescu, Constantin Popovici), s-a pornit un Seminar de Logică Matematică (1955), la Institutul de Fizică Atomică, IFA, al Academiei Române, au fost angajați, în 1957, primii matematicieni (Gabriela Klarsfeld, Dragoș Vaida, I. Moldoveanu, Gh. Zamfirescu), s-au ținut conferințe, la Facultatea de Matematică s-a constituit o secție de *statistică și calcul*; în 1960, specializările Mașini de calcul și Statistică s-au separat, a început colaborarea cu alte grupuri din țară interesate în calculatoare, colaborarea cu alte țări din zona socialistă, cu URSS în primul rând. În 1962, la Timișoara a avut loc un experiment de traducere automată (vezi Erika Domokoș, *Raport asupra algoritmului de traducere automată din limba engleză în limba română*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1966), iar la București se înființa Centrul de Calcul al Universității (în noiembrie 1962, lucrau aici patru matematicieni: Anca Alexandrescu-Bîrsănescu, Constantin Lulea, Stelian Niculescu și Alexandru Teodorescu).

Mai multe detalii despre *Gr.C. Moisil și teoria algebrică a mecanismelor automate* găsim în contribuția cu acest titlu a lui Sergiu Rudeanu la volumul *Grigore C. Moisil și continuatorii săi* (pp. 121–132). Reiau din acest text numai câteva rânduri din paragrafele finale (vorbind deopotrivă despre sincronism și prioritate):

„În lucrarea [*Teoria algebrică a circuitelor cu elemente electronice. I. Funcționarea în timp a circuitelor Eccles–Jordan, Com. Acad. R.P. Române*, 9 (1959), pp. 955–757] din 1959, Gr.C. Moisil stabilește ecuația caracteristică a dispozitivelor electronice set-reset, după care află că această ecuație fusese găsită anterior de americanul M. Phister Jr., în 1958. Este curios faptul că Moisil nu și-a dat seama că de fapt descoperise această ecuație încă din 1954, dar pentru relele bistabile [*Asupra ecuațiilor caracteristice ale unui releu, Stud. Cerc. Ști., Filiala Cluj, Ser. Mat., Fiz., Chim. și Tehn.*, 6 (1955), nr. 3–4, pp. 7–15], care funcționează la fel ca basculele electronice RS.

În legătură cu sinteza circuitelor secvențiale în general, am văzut deja că aceasta a fost o preocupare centrală a școlii lui Gr.C. Moisil și că rezultatele fundamentale, ale lui Gr.C. Moisil și Gh. Ioanin, apar începând cu anii 1955–1956. Ulterior, Gr.C. Moisil a luat cunoștință de lucrarea lui G.H. Mealy din 1955, intitulată *A Method for Synthesizing Sequential Circuits (Bell Syst. Techn. J.*, 34 (1955), pp. 1045–1079), despre care spune că *expune excelent metoda lui A.D. Huffman*. În literatura americană lucrarea *A Method for Synthesizing...* este citată ca punct de plecare pentru noțiunea abstractă de mașină secvențială sau automat Mealy: un system... (...) Constatăm imediat că exact acesta este cadrul în care Gr.C. Moisil expune în [*Teoria algebrică a mecanismelor automate*, Ed. Tehnică, București, 1959, tradusă în engleză și publicată în 1969, sub titlul, *Algebraic Theory*

² După 1948, facultatea s-a numit „de Matematică–Fizică”, în 1962 și-a schimbat numele în Facultatea de Matematică–Mecanică, după 1974 s-a numit „de Matematică”, iar după 2002 se numește Facultatea de Matematică și Informatică; aici, pentru simplificare, voi spune totdeauna „Facultatea de Matematică, București” (fără a specifica „Universitatea din...”).

of *Switching Circuits*, Pergamon Press, Oxford/Editura Tehnică, București] (folosind altă notație) metoda sa de sinteză, reprodusă mai sus în lucrarea de față. Nu știm dacă la Moisil acest cadru axiomatic s-a cristalizat cu ocazia scrierii monografiei sau mai înainte. Ni se pare curios faptul că în lucrările pe care le-am consultat, Gr.C. Moisil nu a subliniat apariția acestei noi structuri algebrice. Presupunem că, de fapt, Moisil a re-inventat această noțiune, altfel ar fi menționat că ea a fost introdusă de Mealy.”

PIONIER AL INFORMATICII ÎN ROMÂNIA

În finalul textului său, profesorul Sergiu Rudeanu amintește faptul că Gr.C. Moisil a primit diploma și medalia de *pionier al informaticii* pe anul 1996, din partea IEEE Computer Society, o distincție instituită în 1981, „pentru a recunoaște și onora vizionarismul acelor oameni ale căror eforturi au dus la crearea și la continua vitalitate a industriei calculatoarelor. Distincția este acordată anual unor persoane de mare anvergură a căror contribuție principală la fundamentele și dezvoltarea informaticii a fost adusă cu cel puțin cincisprezece ani mai devreme.” Am citat de pe un pliant al IEEE Computer Society în care este prezentată pe scurt activitatea lui Moisil și motivarea pentru care a primit titlul de pionier al informaticii.

Reiau primele două paragrafe ale acestei prezentări:

„Grigore C. Moisil s-a născut la Tulcea, România, în 1906, și a murit în 1973. Viața sa, dedicată matematicii și informaticii, l-a consacrat ca profesor și om de știință de mare clasă. A creat o școală de gândire cu studenții și colegii său, care au continuat activitatea sa, dezvoltând știința și tehnologia calculatoarelor în România.

A fost membru al Academiei Române, al Academiei din Bologna și al Institutului Internațional de Filosofie. Moisil a fost profesor de logică matematică și informatică la Universitatea din București și a conferențiat la numeroase universități din Europa și America de Nord. Contribuțiile sale timpurii au fost în matematică, iar apoi și-a dedicat activitatea științifică logicii matematice și informaticii. A fost un pionier al aplicării logicii matematice în informatică. În anii 1950, Moisil a dezvoltat o nouă teorie structurală a automatelor finite și a propus ceea ce el a numit *algebrele Lukasziewici trivalente aplicate circuitelor de comutație*, o contribuție importantă la dezvoltarea informaticii în anii aceia de început. Unele dintre cărțile sale au avut un mare impact asupra începuturilor dezvoltării informaticii: *Încercări vechi și noi în logică neoclasică*, 1953, *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, 1959, *Circuite cu tranzistori*, 1961.”

Textul se încheie cu fraza „Prin urmare, Grigore C. Moisil este un adevărat pionier al informaticii în România.”

Merită subliniat faptul că Moisil este singurul român care a primit acest titlu și că lista laureaților, nu foarte lungă, conține nume sonore ale informaticii mondiale,

unele legate de construirea primelor calculatoare, altele cu contribuții fundamentale în informatica teoretică, inteligență artificială, aplicații.

ÎNCEPUTUL ANILOR 1960

Este vremea când intră în scenă **Solomon Marcus** (1925–2016). A absolvit Facultatea de Matematică în 1950, când devine asistent; și-a susținut doctoratul în 1956 – în analiza matematică, conducător științific fiindu-i Miron Nicolescu. Din 1960 îi datează primele lucrări de lingvistică matematică (în colaborare cu Emanuel Vasiliu), un domeniu în care va avea contribuții numeroase și importante, cu un ecou internațional deosebit. Cărțile sale de la Dunod (Paris), Academic Press (New York), Nauka (Moscova) și de la multe alte edituri din Cehia, Italia, Germania, Jugoslavia, Budapesta, Spania, Grecia, Belgia îl vor consacra ca o autoritate a lingvisticii matematice și a semioticii.

La numai trei ani după primele articole de lingvistică matematică, îi apare și primul articol de teoria limbajelor formale (sintagma va deveni „standard” prin anii 1970, mai ales după publicarea monografiei *Formal Languages*, a lui Arto Salomaa, Academic Press, 1973): *Automates finis, progressions arithmétiques et grammairiales à un nombre fini d'états*, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences Paris*, 256, 17 (1963), pp. 3571–3574.

Articolul este deja simptomatic pentru atracția–pasiunea–priceperea lui Marcus de a explora și propune legături între domenii diferite. Găsim aici automate finite, progresii aritmetice, gramatici cu un număr finit de stări (ulterior numite gramatici regulate). Teoria automatelor și teoria numerelor, gramatici și automate („paralelismul” între cele două abordări, generativ și analitic, gramatical și prin intermediul automatelor, este acum un lucru comun în studiul limbajelor, dar nu era astfel și la începutul anilor '60); finalul articolului discută și semnificația pentru limbile naturale a unor rezultate de teoria limbajelor formale.

Progresele au fost atât de consistente că, în 1970, Gr.C. Moisil scria în articolul de mai multe ori citat mai devreme: „Dezvoltarea gramaticii algebrice are strălucitoare succese în țara noastră, grație lui Solomon Marcus. Venit la lingvistica matematică ca matematician format, Solomon Marcus a știut să imprime cercetărilor sale și ale elevilor săi acea rigoare matematică cu care era învățat. (...) În numai câțiva ani, noi avem azi o școală de lingvistică matematică (bibliografia lucrărilor românești de lingvistică matematică a fost publicată în 1966 de Societatea de Științe Matematice din R.S. România, din 1955 până în 1966 au apărut 11 cărți și 97 de articole de reviste în acest domeniu), mai multe volume de lingvistică matematică datorate lui Solomon Marcus au apărut în edituri românești și străine.

S. Marcus are mulți elevi, așa că azi putem vorbi de o școală de lingvistică matematică românească.”

Din articolul lui Moisil aflăm și informații organizatorice. Astfel, în 1958 s-a format „la secția de fonetică și dialectologie a Institutului de Lingvistică al Academiei

un cerc de lingvistică matematică, sub conducerea acad. Al. Rosetti și acad. Gr.C. Moisil”, din 1960, s-a introdus la Facultatea de Matematică a Universității bucureștene un curs de lingvistică matematică, iar în 1962 Comisia de lingvistică matematică a Academiei inițiază publicarea revistei *Cahiers de linguistique théorique et appliqués*.

Devin în această perioadă clare legăturile dintre automate și gramatici, dintre acestea și limbajele de programare. Citez din nou din lucrarea lui Moisil:

„La colocviul de la Tihany, discutând cu Laszlo Kalmar și cu Rosza Peter, am înțeles că ALGOL-ul are caracter recursiv și că acest caracter recursiv al ALGOL-ului cerea o cunoaștere mai profundă a funcțiilor recursive. În 1966 am început un șir de ședințe cu seminar de cercetare de logică matematică la care s-a expus cartea lui Kleene asupra funcțiilor recursive.

Aici interesul celor ce se ocupau de teoria programării se întâlnește cu cel al celor ce se ocupau de logica matematică și de lingvistica matematică.

Se știe că unul din tipurile de limbaje formale introduse de Chomsky, așa-zisele gramatici ca un număr finit de stări, constituie o teorie identică cu cea a automatelor finite.

În schimb, teoria așa-numitelor gramatici *context-free* e legată de teoria mașinilor lui Turing, de teoria algoritmilor lui Markov și de teoria funcțiilor recursive. Cunoscuta teză a lui Church afirmă identitatea ideii de calculabilitate cu cea de recursivitate în sens general.

Era a doua oară necesar ca cei ce se ocupă de mașinile electronice de calcul să lucreze în strânsă colaborare cu cei ce lucrează în domeniul lingvisticii matematice.

Importanța efectivă a cercetărilor de lingvistică matematică pentru alcătuirea limbajelor de programare automată ale calculatoarelor digitale nu a apărut clar decât în ultimii ani.”



Dragoș Vaida

Merită semnalate două inițiative ale lui Gr.C. Moisil, din acești ani de început ai informaticii românești, care s-au dovedit vizionare, cu dezvoltări importante după decenii: Seminarul de *biologie matematică* și insistența pe folosirea instrumentelor *algebrice*, un ecou fiind, de pildă, succesul de mai târziu al abordărilor bazate pe semiinele. Detalii asupra acestui al doilea subiect pot fi găsite în contribuțiile profesorului **Dragoș Vaida**, participant la eforturile deceniilor despre care vorbim, din volumul *Grigore C. Moisil și continuatorii săi* sau, printre altele, din volumul colectiv *Moisil – 110*, apărut în 2016 la Editura Tiparg, Pitești, în Biblioteca Revistei *Curtea de la Argeș*. În particular, în articolele *Profesorul*

Gr.C. Moisil – pionierul informaticii în România, partea I și partea a II-a, din primul volum, și *După 40 de ani, despre Gr.C. Moisil și vremea sa*, de asemenea, în două părți, din volumul al doilea, D. Vaida rememorează multe fapte de interes, idei, persoane din acea vreme.

...ȘI CONTINUATORII SĂI (ÎN LOGICĂ)

Continuatori ai lui Moisil sunt mulți dintre informaticienii-matematicieni români, aici am în vedere numai școala românească de logică, inițiată de Moisil și încă foarte activă, cuplată intim cu informatica. Voi prezenta numai câteva nume proeminente, începând cu **George Georgescu**, născut în 1946 în Căpreni, județul Gorj. Și-a susținut doctoratul chiar cu Moisil, în 1972, cu teza *Algebre Lukasiewicz θ -valente*. Din 1991 este profesor la Facultatea de Matematică și Informatică a Universității din București. Este interesat de teoria modelelor, combinatorică, logici neclasice, logici fuzzy.



George Georgescu

În 1991 a publicat, la Editura North-Holland, cartea *Lukasiewicz-Moisil Algebras*, scrisă împreună cu V. Boicescu, A. Filipoiu, S. Rudeanu.

O bogată activitate didactică și de cercetare în logică și algebra logicii, în particular, privind logici și algebre Lukasiewicz-Moisil, are și **Afrodita Iorgulescu** (n. 1946), profesor la Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică din ASE București, autoare a monografiei *Algebras of Logic as BCK Algebras*, Editura ASE, 2008, cu mai multe articole mult citate scrise în colaborare cu George Georgescu. Cei doi au publicat și o carte-manual, *Logică matematică*, apărută la Editura ASE, București, 2010.



Afrodita Iorgulescu

Dintre colaboratorii și elevii celor doi logicieni menționați îi amintim pe Ioana Leuștean și Laurențiu Leuștean (autor al cărții *Representations of Many-Valued Algebras*, Editura Universitară, București, 2010), ambii profesori la Facultatea de Matematică București, Denisa Diaconescu, conferențiar, și Claudia Mureșan, lector la aceeași facultate.

GRAMATICI MATRICIALE

Am menționat mai devreme faptul că teoria gramaticilor Chomsky s-a dezvoltat enorm, nu în primul rând cu motivările inițiale, venind dinspre formalizarea gramaticilor limbilor naturale, ci în legătură cu formalizarea limbajelor de programare, după ce s-a observat că formalismul BNF (Backus-Naur Form sau Backus Normal Form) folosit pentru a defini sintaxa limbajului Algol 60 este echivalent cu o gramatică independentă de context în sensul lui Chomsky. Spuneam, de asemenea, că ulterior (Floyd, 1962) s-a observat că restricțiile semantice ale limbajelor de programare (precum și unele

construcții din limbile naturale, cum ar fi duplicările, acordurile încrucișate sau multiple) nu pot fi descrise cu gramatici independente de context (poate fi interesant să semnalăm că și Peter Naur și Robert W. Floyd au primit medalia de pionier al informaticii, precum Moisi). Gramaticile Chomsky dependente de context sunt însă mult prea puternice și au proprietăți mult prea inconvenabile în raport cu cele independente de context (parsare complexă, imposibilitatea de a descrie derivările cu ajutorul unor arbori, proprietăți sărace de decidabilitate și de închidere la operații). Apare o problemă naturală, dar cu soluția nu foarte simplă: definirea unei clase de gramatici care să preia proprietățile „bune” ale gramaticilor independente de context, dar să fie suficient de puternice pentru a acoperi trăsăturile neindependente de context ale limbajelor de programare și ale limbilor naturale. (Ceva mai târziu, lingviștii au introdus noțiunea de „gramatici/limbaje dependente de context blânde”, *mildly context-sensitive* – A.K. Joshi, 1985, descriind mai exact dorințele din partea modelării gramaticilor limbilor naturale.)

Prima soluție la problema dinaintea a fost propusă de Samuel Abraham, matematician din Timișoara, într-o lucrare apărută în 1965, în revista *Computational Linguistics* (vol. 4, pp. 61–70): *Some Questions on Phrase-Structure Grammars*. Le-a numit *gramatici matriciale*, pentru că, în locul unor reguli independente de context separate, folosea pentru un pas de derivare o *matrice* de reguli, o secvență ordonată de reguli independente de context. Derivând simultan mai multe simboluri neterminale, se pot genera structuri care nu se pot obține cu gramatici independente de context, în particular, toate cele trei structuri amintite mai devreme pentru limbile naturale.

Nu știu data când S. Abraham a trimis lucrarea spre publicare, nici nu este foarte important: următoarea propunere similară a fost făcută de Daniel J. Rosenkrantz, în 1967: *Programmed Grammars – A New Device for Generating Formal Languages, SWAT 1967, Eight IEEE Annual Symposium on Switching and Automata Theory*. Ideea este diferită: regulile (independente de context) sunt aplicate într-o succesiune prestabilită. Rosenkrantz a lucrat însă mai mult asupra subiectului, a scris și o teză de doctorat, a introdus mai multe noțiuni și a demonstrat mai multe rezultate. Parte dintre aceste noțiuni (derivare extremă stângă și folosirea unor reguli în modul „verificarea apariției”, *appearance checking*) au fost extinse la gramaticile matriciale de Arto Salomaa (exemplu, *Matrix Grammars with a Leftmost Restriction, Information and Control*, 20, 1972).

În 1970, A.P.J. van der Walt a introdus o a treia clasă de gramatici cu restricții în derivare, cele cu *contexte random*. Domeniul s-a dezvoltat foarte mult. A. Salomaa îi dedică deja un capitol consistent în cartea sa din 1973; au fost introduse multe alte restricții – dar cele trei, *matrix*, *programmed*, *random context*, au rămas cele centrale – au fost comparate, combinate, extinse, restricționate, imitate. O sinteză poate fi găsită în monografia J. Dassow, Gh. Păun, *Regulated Rewriting in Formal Language Theory*, Springer-Verlag, Berlin, 1989.

Din păcate, Samuel Abraham a plecat demult din țară, probabil chiar din anii 1960, drept care puțină lume știe că gramaticile matriciale au fost introduse de un român...

Este interesant de semnalat că Samuel Abraham a mai avut o propunere interesantă de mecanism generativ, într-un anume sens, precursor îndepărtat al sistemelor de gramatici introduse la finalul anilor 1980. Anume, în lucrarea *Compound and Serial Grammars*, apărută în *Information and Control*, 20 (1972), pp. 432–438, el propune, o spune și titlul lucrării, folosirea gramaticilor „în cascadă”, una preluând șirul generat de cea dinainte. Ideea este interesantă, dar nu știu să fi avut alte continuări în afara articolului Gh. Păun, *The Generative Capacity of the Compound Grammars*, *Information and Control*, 34 (1977), pp. 50–54. Peste două decenii, teoria sistemelor de gramatici se va dezvolta fără a mai face referire la lucrarea lui S. Abraham.

O CARTE CARE MERITA SĂ FIE TRADUSĂ

În 1964 („Dat la cules 26.02.1964. Bun de tipar 11.06.1964” scrie în caseta tehnică), **Solomon Marcus** publică prima monografie de teoria limbajelor formale din lume: *Gramatici și automate finite*. Este remarcată această întâietate chiar de Arto Salomaa, la bibliografia cărții sale din 1973, *Formal Languages*. Volume colective mai apăruseră, dar cărți de autor nu (existau doar câteva cărți de teoria automatelor). Reiau titlurile celor șapte capitole: I. Gramatici cu un număr finit de stări. Proprietăți generale; II. Gramatici cu un număr finit de stări. Limbi infinite, dependențe Chomsky, funcția de structură; III. Automate finite; IV. Raporturile dintre gramaticile cu un număr finit de stări și automatele finite; V. Evenimente regulate, grafe marcate și limbi cu un număr finit de stări; VI. Gramaticile cu un număr finit de stări și limbile naturale; VII. Comentarii. Probleme. Completări.



Solomon Marcus

Se studia sistematic relația dintre automatele finite și gramaticile regulate ale lui Chomsky – terminologia s-a stabilizat între timp („Terminologia și notațiile utilizate în această carte sunt destul de defectuoase și nestatornice, în parte datorită faptului că, fiind vorba de noțiuni și teorii foarte noi, nu s-a impus încă un mod de a le desemna”, spune chiar autorul, în Prefață.), la fel notațiile – se prezentau aplicații lingvistice. Reiau, în acest sens, și câteva rânduri din finalul Prefeței, subliniind astfel și legătura dintre lingvistica matematică și teoria limbajelor formale, în evoluția preocupărilor științifice ale lui Marcus: „Într-un anume sens, cartea de față constituie o completare și o continuare a cărții noastre precedente [228: *Lingvistică matematică. Modele matematice în lingvistică*, Edit. Didactică și Pedagogică, București, 1963], anume în sensul că, în timp ce în aceasta din urmă se studiază exclusiv modele analitice, în cartea de față se studiază în special modele sintetice. Aceasta înseamnă că în timp ce în [228] punctul de plecare îl constituie o anumită colecție de propoziții – o parte a semigrupului liber generat de vocabularul finit V – modelarea având ca scop studiul analitic al structurii acestor propoziții,

în cartea de față punctul de plecare îl constituie o mașină pe vocabularul V , iar scopul principal al studiului este acela de a determina colecția de propoziții generate de această mașină. Cele două tipuri de modele se completează reciproc, fiecare fiind o componentă necesară în cercetarea structurii limbii. Totuși, deși între cartea de față și cea din [228] există strânse legături, lectura acestora din urmă nu este necesară pentru înțelegerea celor ce urmează.” (Este interesant de semnalat că în ediția a doua a cărții notate cu [228] la bibliografia monografiei *Gramatici și automate finite*, apărută în 1966, la aceeași Editură Didactică și Pedagogică, sunt adăugate patru capitole noi față de prima ediție, unul dintre ele dedicat gramaticilor generative. Sunt prezentate nu numai gramaticile regulate și automatele finite, ci și gramaticile *libere de context* și cele *pushdown* – terminologia nu se stabilizase încă.)

Rămasă în limba română, cartea *Gramatici și automate finite* nu a avut vizibilitatea și impactul pe care le-ar fi meritat (și pe care le-au avut cărțile de lingvistică matematică ale lui Solomon Marcus, traduse în limbi de mare circulație).

GRAMATICILE CONTEXTUALE MARCUS

În contrast cu cartea anterioară, Solomon Marcus are lucrări de mare impact, care au deschis ramuri noi ale teoriei limbajelor formale, cea mai importantă dintre ele fiind cea în care a propus *gramaticile contextuale*. A apărut în 1969, în *Revue Roumaine de Mathématiques Pures et Appliquées* (vol. 14, nr. 10, pp. 1525–1534) – *Contextual Grammars* –, dar a fost prezentată cu un an mai devreme la o conferință internațională de lingvistică organizată la Stockholm, Suedia.

Între timp, s-au scris probabil peste 400 de lucrări despre gramaticile contextuale, o duzină sau două de teze de doctorat, există două monografii, una publicată la Editura Academiei, București, 1982 (*Gramatici contextuale*), și una la Editura Kluwer, Olanda (*Marcus Contextual Grammars*), în 1997 (ambele de Gh. Păun), iar în masivul *Handbook of Formal Languages*, Springer-Verlag, 1997 (3 volume), editat de Grzegorz Rozenberg și Arto Salomaa, subiectului îi sunt dedicate două capitole, în volumul al doilea, unul semnat de Solomon Marcus, *Contextual Grammars and Natural Languages*, care discută motivațiile și descrie informal domeniul, și un capitol tehnic, *Contextual Grammars and Formal Languages*, semnat de Andrzej Ehrenfeucht, Gh. Păun și Grzegorz Rozenberg.

Pentru că gramaticile contextuale sunt una dintre cele mai de succes ramuri ale teoriei limbajelor formale introduse de un român, voi prezenta câteva detalii.

Ideea este simplă, cu originile în lingvistica algebrică: în raport cu o limbă naturală L (peste un alfabet V), orice cuvânt w peste V are asociată o mulțime de contexte (u, v) peste V care îl acceptă pe w în raport cu L (adică uwv este element al lui L). Putem folosi acest fenomen, de *selecție* a cuvintelor de către contexte (se poate spune și invers), pentru a descrie un limbaj? Răspunsul este dat, inițial, de *gramaticile contextuale simple*, triplete $G = (V, A, C)$, unde V este un alfabet, A este un limbaj finit peste V (elementele sale se numesc *axiome*), iar C este o mulțime

finită de *contexte* peste V . O asemenea gramatică generează un limbaj $L(G)$ care conține (1) toate axiomele din A și (2) toate șirurile obținute prin adăugarea de contexte la capetele unui șir obținut anterior.

Un model simplu, fără a avea o putere generativă prea mare – și nici nu ține seama de selectivitatea invocată mai devreme. La finalul lucrării sale, Solomon Marcus propune însă și *gramaticile contextuale selective*, de forma $G = (V, A, C, \varphi)$, unde φ este *funcția de selecție* (a contextelor de către șiruri). De data aceasta, un context (u, v) este adăugat unui șir w numai dacă (u, v) este asociat lui w prin funcția φ .

De aici, un întreg program de cercetare, urmând problematica uzuală a teoriei limbajelor formale: variante (extinderi și restricții), caracterizări, putere generativă, comparând familiile de limbaje obținute în noul context între ele și cu familiile cunoscute, în primul rând cu cele din ierarhia lui Chomsky, cadrul standard de referință în teoria limbajelor formale, proprietăți de închidere la operații, de decidabilitate, complexitate de parsare, automate echivalente etc.

Un aspect important, care face gramaticile contextuale Marcus atractive: ele nu folosesc, precum gramaticile Chomsky, *simboluri neterminale*, categoriale, ele sunt *gramatici intrinseci*; orice șir derivat aparține limbajului generat. (Bineînțeles, s-au introdus și variante în care se folosesc simboluri auxiliare, eliminate în finalul derivării, dar nu acestea sunt centrale acestei arii de cercetare.)

Există însă o restricție stânjenitoare în modelul inițial, aceea de a adăuga contexte numai la extremitățile șirului curent. O reală „străpungere” în domeniu s-a produs, la finalul anilor 1970, prin venirea în România, pentru a-și face doctoratul cu profesorul Marcus, a vietnamezului Xuan My Nguyen. Împreună cu acesta, în 1980, am introdus *gramaticile contextuale interioare* (*On the Inner Contextual Grammars, Revue Roumaine de Mathématiques Pures et Appliquées*, 25, pp. 641–651), în care adăugarea de contexte, sub controlul funcției de selecție, se poate face oriunde în interiorul șirului curent.

Puterea de calcul crește semnificativ, flexibilitatea (deci adecvarea) crește și ea, deja se poate spera la modelarea unor construcții speciale din limbile naturale (acordul multiplu, acordul încrucișat, duplicarea), pe care gramaticile independente de context ale lui Chomsky, cu atât mai puțin gramaticile regulate, nu le pot modela.

Un alt salt important a fost făcut la începutul anilor 1990, când au devenit interesați de gramaticile contextuale, pe rând, Grzegorz Rozenberg, Arto Salomaa, Andrzej Ehrenfeucht. Detalii pot fi găsite în cartea de la Kluwer menționată mai devreme, precum și în cele două capitole din *Handbook of Formal Languages*.

Progresele au fost rapide. Mai multe clase de gramatici contextuale au devenit relevante pentru modelarea unor construcții tipice limbilor naturale, au fost identificate clase de gramatici contextuale *mildly context-sensitive* – s-a ajuns astfel la bibliografia impresionantă despre care vorbeam mai devreme. Iar bibliografia încă mai crește: o lucrare prezentată la conferința *Automata and Formal Languages*, Debrecen, Ungaria, septembrie 2017 (*On h-lexicalized Restarting Automata*, de Martin Platek, Praga-Cehia, și Friedrich Otto, Kassel-Germania), citează și folosește gramaticile contextuale Marcus.

O PRIVIRE GENERALĂ ASUPRA BIBLIOGRAFIEI INFORMATICE A LUI SOLOMON MARCUS

Am avut prilejul unei astfel de priviri cu ocazia editării unei lucrări în două volume masive, cu titlul *Solomon Marcus, Opere alese – Informatica*, lucrare aflată în curs de apariție la Editura Spandugino, București³. Am inventariat în jur de 100 de articole cu acest subiect, pe care, în ciuda dificultății de a le clasifica, datorită inter/multi-disciplinarității lor, le-am împărțit în patru categorii mari: teoria limbajelor formale, aplicații ale limbajelor formale, bioinformatică și funcții recursive.

În prima categorie intră însă lucrări de mai multe orientări: gramatici și automate finite, gramatici contextuale, istoria teoriei limbajelor formale, combinatorică pe cuvinte și pe secvențe infinite (periodicitate și cvasiperiodicitate, subcuvinte inevitabile, densitatea cuvintelor de o lungime dată etc.), noțiuni de analiză matematică extinse la teoria limbajelor (printre cele mai fertile propuneri, menționez proprietatea Darboux formulată pentru ierarhii de limbaje, noțiunile de simetrie și convexitate, de atractor) și încă altele.

De subliniat preocuparea permanentă de a stabili legături între abordările algebric-analitice ale limbii (lingvistica matematică „clasică”, dezvoltată în școlile rusă, cehă, germană, americană, română de lingvistică, Solomon Marcus fiind protagonist și liant) și abordările generative, bazate mai ales pe gramaticile Chomsky, aplecarea spre instrumente „funcționale”, cum ar fi iterarea morfismelor sau „citirea” iterată a secvențelor de simboluri, încercarea sistematică de a face trecerea de la matematica de tip continuu la cea discretă. De altfel, titlul unei lucrări din 1999 este explicit-semnificativ în acest sens: *From Real Analysis to Discrete Mathematics and Back*, cu detalierea *Symmetry, Convexity, Almost Periodicity, and Strange Attractors (Real Analysis Exchange, 25, 1, pp. 125–128)*. Citim chiar la începutul acestui articol: „În ciuda importanței sale, relația dintre matematica continuă și cea discretă este un subiect în mare măsură ignorat. (...) Lucrând în analiza reală în anii cincizeci și șaiszeci și apoi în matematica discretă (în teoria matematică a limbajelor), am devenit interesat în a căuta analogul discret al unor fapte care aparțin matematicii continue.”

Un alt „invariant” al „stilului Marcus” este formularea de probleme deschise, sugerarea de direcții de cercetare. Vine asta, pe de o parte, din cultura matematică, lingvistică și informatică vastă a profesorului, dar ține și de personalitatea sa, *veșnic în starea de mirare*, cum îi plăcea să spună; mai ține și de formația de matematician, pentru care, iarăși în asemănare cu Moisi, nu există matematică aplicată și matematică pură, există numai matematică interesantă, de calitate, și opusul acestora.

³ Cele două secțiuni dinainte și cele două care urmează reproduc, cu unele modificări locale, introducerea la aceste volume, intitulată *Creativitate contagioasă*, și publicată, în traducere, în volumul *Mathematics Almost Everywhere. In Memory of Solomon Marcus*, editat de Alexandra Bellow, Cristian C. Calude și Tudor Zamfirescu, apărut în 2018 la World Scientific Publ., New Jersey et al.

Multe dintre problemele formulate de Solomon Marcus au fost preluate de discipoli, colaboratori, de matematicieni-informaticieni din România și din alte țări. Unele probleme au fost rezolvate, total sau parțial, altele nu – iar unele încă așteaptă să fie abordate.

APLICAȚII ALE TEORIEI LIMBAJELOR FORMALE

În a doua categorie menționată mai devreme a articolelor de informatică ale lui Solomon Marcus am inclus lucrările pe care le-am considerat de aplicații ale gramaticilor și automatelor. Domeniile de aplicare sunt extrem de variate: limbi naturale și limbaje de programare, semiotica basmelor populare, modelarea unor procese economice, negocieri, diagnosticul medical, semiotica teatrului, teoria acțiunii, teoria învățării, aplicații în chimie.

Aceste aplicații trebuie plasate într-un cadru mai general, pus sub sloganul *lingvistica – știință pilot*, lansat de Claude Levi-Strauss, preluat, argumentat și transformat într-un adevărat program de cercetare pentru școala românească de lingvistică matematică și limbaje formale condusă de profesorul Solomon Marcus, slogan precizat însă și actualizat sub forma *lingvistica formală – știință pilot* (S. Marcus, *Linguistics as a Pilot Science*, în *Current Trends in Linguistics*, vol. 12, Th.A. Sebeok, ed., Mouton, The Hague, 1974). În capitolul său *Formal Languages: Foundations, Prehistory, Sources, and Applications* din volumul *Formal Languages and Applications* (Springer-Verlag, 2004, C. Martin-Vide, V. Mitrană, Gh. Păun, eds., pp. 11–55), Solomon Marcus explică: „Structura de limbaj formal are toate trăsăturile unei paradigme universale: ea exprimă o realitate biologică, structura secvențială a proceselor care sunt de competența emisferei stângi a creierului; secvențiale sunt, de asemenea, procesele fundamentale ale vieții la nivelul ADN, ARN și proteinelor; mai mult, după cum s-a arătat în numeroase lucrări ale multor autori, șiruri pe alfabet precizate apar în modelarea matematică a unor operații de bază din logică, combinatorică, fizica cuantică, chimia organică, biologia celulară, limbajele de programare, lingvistică (în special în lingvistica computațională), antropologia relațiilor de rudenie, diagnosticul medical, jocul de tenis, relațiile internaționale, compoziția muzicală, pictură, arhitectură, poetică, operele dramatice, narativitate etc.”

În anii 1970 mai ales, dar și ulterior, a existat o veritabilă campanie de utilizare a instrumentelor lingvistice în modelare, cu o bibliografie bogată – articole, teze de doctorat, volume colective, monografii. Menționez aici doar două volume colective: S. Marcus, ed., *Semiotica folclorului, abordare lingvistico-matematică*, Editura Academiei RSR, București, 1975, cu versiunea în limba franceză, revizuită și amplificată, *La sémiotique formelle du folklore*, Klincksieck, Paris, Edit. Academiei, București, 1978, precum și celebra în epocă (tradusă în germană și sârbo-croată) monografie S. Marcus, *Poetica matematică*, Edit. Academiei RSR, București, 1970.

O LUCRARE APĂRUTĂ PREA DEVREME

Voi încheia rapida prezentare a contribuțiilor profesorului Solomon Marcus (membru corespondent al Academiei Române din 1993 și membru titular din 2001) la informatica teoretică cu menționarea contribuțiilor sale la domenii mai recente de cercetare, legate de calculul natural, în special de biocalculabilitate. Într-un anume sens, S. Marcus este un precursor și al acestei direcții de cercetare atât de populară astăzi, printr-o lucrare, *Linguistic Structures and Generative Devices in Molecular Genetics*, publicată încă din 1974 în *Cahiers de Linguistique Théorique et Appliquée* (vol. 11, pp. 77–104).

Era o lucrare consistentă, de sinteză pe de o parte, deschizătoare de drumuri pe de altă parte, apărută însă probabil prea devreme, drept care nu a avut impactul pe care l-ar fi meritat. Era încă perioada în care se căutau instrumente matematice pentru abordarea zonei genomului, a modelării ADN-ului și biochimiei acestuia. Speculații privind folosirea moleculelor de ADN ca suport pentru calcule s-au făcut publice abia în anii următori (Michael Conrad, Richard Feynman, Charles H. Bennet), iar primul model de calcul folosind o operație specifică recombinării ADN-ului a fost introdus abia în 1987, de Thomas Head. După 1994, când Leonard Adleman a efectuat primul experiment de calcul cu ADN, domeniul a crescut spectaculos, sub numele de *DNA Computing* (o conferință cu acest subiect se organizează de atunci anual).

Lucrarea din 1974 nu vorbea despre *calcul*, despre utilizarea ADN-ului în folosul informaticii, ci, invers, despre relevanța instrumentelor matematice, informatice, semiotice în studiul ADN-ului și a proceselor asociate. Merită însă subliniată atenția pe care Marcus o acordă, în această primă lucrare și ulterior în multe altele, unei propuneri a matematicianului polonez Zdzislaw Pawlak (cel care a introdus, în jurul anului 1990, *rough sets*, numite de Marcus, în traducere, mulțimi *zgrunțuroase*), de generare a proteinelor, plecând de la aminoacizi, cu ajutorul unor „gramatici picturale” *avant la lettre* (de aceea, S. Marcus îl considera pe Z. Pawlak un precursor al teoriei gramaticilor picturale).

Linguistic Structures and Generative Devices... a rămas pentru o vreme singulară, chiar dacă este evident că Solomon Marcus și-a păstrat interesul pentru aplicarea instrumentelor lingvistice în domeniul vieții, al biologiei celulare, al genomului. Dovadă este faptul că, după apariția calculului cu ADN, în 1994, și, mai ales, a calculului membranar, în 1998, a avut numeroase contribuții la aceste domenii, de asemenea, participând la multe întâlniri internaționale cu acest subiect, în România și în afară.

Abordarea interdisciplinară este tipic marcusiană – explicită încă din titlurile multor lucrări. Menționez doar *Membranes versus DNA* și *Bridging P Systems and Genomics*, prezentate la primele întâlniri dedicate calculului membranar (Curtea de Argeș, 2001, 2002), cu precizarea că, într-o anume măsură, numele însuși al domeniului, *Membrane Computing*, a fost influențat de profesorul Marcus, prin pledoaria făcută rolului membranelor în viața celulei, cu detalii dinspre biosemiotică. Un slogan lansat de Marcus în 2002, „Life = DNA software + membrane software”, uneori

reformulat „Life = DNA software + membrane hardware”, a devenit folcloric în domeniu.

Cu priceperea și obiceiul de a formula probleme deschise și subiecte de cercetare, și în bioinformatică există încă un mare număr de chestiuni ridicate de Solomon Marcus care își așteaptă rezolvarea. Două exemple semnificative, din calculul membranelor: considerarea unor structuri de membrane cu o topologie diferită de cea obișnuită (membrane-vezicule), în care separarea *interiorului* de *exterior* este tranșantă (imaginarea unor membrane de genul „sticlei lui Klein”), și, respectiv, considerarea unor multiseturi de obiecte care să fie descrise prin mulțimi zgrunțuroase, în sensul lui Pawlak.

SISTEME DE GRAMATICI

Acesta este un alt capitol bine dezvoltat al teoriei limbajelor formale (s-au introdus ulterior și sisteme de automate) care datorează mult informaticienilor români, de la ideile fundamentale la dezvoltările ulterioare. Există două clase de bază de sisteme de gramatici, cele secvențiale și cele paralele.

Despre „cooperating grammar systems” vorbea Erzsebet Csuhanj-Varju încă din 1986, la Conference on Automata, Languages and Programming Systems de la Budapesta, dar lucrarea care lansează cu adevărat domeniul este publicată de E. Csuhanj-Varju și J. Dassow (Magdeburg, Germania) în 1990: *On Cooperating/Distributed Grammar Systems, J. Inf. Process. Cybern., EIK*, 26, pp. 49–63. Într-o formă preliminară, noțiunea apare însă și în lucrarea **Adrian Atanasiu, Victor Mitrana**, *The Modular Grammars, Intern. J. Comp. Math.*, 30 (1989), pp. 101–122.



Adrian Atanasiu



Victor Mitrana

Motivarea este multiplă: modelarea unor protocoale de cooperare-comunicare în inteligența artificială, generarea unor limbaje neindependente de context cu ajutorul unor reguli de rescriere de tip independent de context, ideea de calcul distribuit, rețele de procesoare etc. Pe scurt, mai multe gramatici procesează, pe rând, un șir comun, conform unui protocol specificat de activare a componentelor.

Tot în 1989 este publicată lucrarea Gh. Păun, Lila Sântean (acum Kari), *Parallel Communicating Grammar Systems: The Regular Case*, An. Univ. Buc., Ser. Matem.-Inform., 38, pp. 55–63. De data aceasta, fiecare gramatică are propria-i formă sentențială, pe care o prelucrează simultan cu celelalte gramatici; la cerere, gramaticile își trimit una alteia șirul curent, iar șirul terminal generat de o componentă specificată dinainte este considerat a fi generat de întregul sistem.

Ambele clase de sisteme de gramatici fac posibilă considerarea a numeroase variante, de pildă, în funcție de protocoalele de colaborare-comunicare și de tipul de reguli ale componentelor (în sensul clasificării lui Chomsky, dar s-au considerat și sisteme de gramatici cu gramatici contextuale Marcus drept componente). Domeniul a acumulat o bibliografie bogată, incluzând o monografie (E. Csuhaj-Varju, J. Dassow, Jozef Kelemen, Gh. Păun, *Grammar Systems. A Grammatical Approach to Distribution and Cooperation*, Gordon and Breach, London, 1994), un capitol în *Handbook of Formal Languages*, mai multe teze de doctorat.

Din teoria sistemelor de gramatici se poate spune că a apărut un domeniu mult studiat în ultimele decenii, cu motivarea venind deopotrivă dinspre biologie și calculul distribuit, studiul *rețelelor de procesoare* (în special, procesoare evolutive, bazate adică pe operații din zona genomului). Protagonisti ai acestui domeniu sunt E. Csuhaj-Varju și Victor Mitrana, mai devreme amintiți. Semnalez doar cartea V. Mitrana, *New Developments in Formal Language Theory Inspired from Biology*, Editura Universității din București, 2001, și capitolul C. Martin-Vide, V. Mitrana, *Networks of Evolutionary Processors: Results and Perspectives*, din volumul *Molecular Computational Models: Unconventional Approaches*, Idea Group Publishing, Hershey, 2005, pp. 78–114⁴.

Idei din teoria sistemelor de gramatici, ca și din alte ramuri ale teoriei limbajelor formale (de exemplu, gramatici cu restricții în derivare) sunt preluate și de alte ramuri mai recente ale informaticii teoretice, cum ar fi calculul cu ADN sau calculul celular.

CALCULUL PE BAZĂ DE ADN (*DNA COMPUTING*)

Structura „lingvistică” a moleculei de ADN și comportarea robustă, predictibilă, a acesteia au sugerat de mai multă vreme posibilitatea de a folosi dubla catenă elicoidală, șiruri de „litere” A, C, G, T stând față în față conform *complementarității Watson-Crick*, ca suport pentru calcule. Două alte trăsături sunt importante din această

⁴ **Victor Mitrana**, pe lângă informațiile anterioare, merită câteva mențiuni în plus. A absolvit Facultatea de Matematică a Universității din București în 1986, unde și-a susținut și doctoratul, cu teza *Sisteme distribuite de gramatici*, în 1992 (conducător științific Gh. Păun). Profesor la aceeași facultate. Burse Alexander von Humboldt (Magdeburg, Germania) și Ramon y Cajal (Tarragona, Spania). Catedratic de Universidad – Madrid, Spania. Director al Școlii Doctorale de Informatică a Universității din București (din 2011). A supervizat peste 10 teze de doctorat, în România și Spania, iar unii elevi ai săi au primit la rândul lor burse importante sau poziții în universități românești sau străine: Florin Manea, Armand Mihai Ionescu, Cristina Bibire-Târânăucă, Nicolae Virgil Șerbănuță, Marius Dumitran, Daniel Claudiu Voinescu etc.

perspectivă: eficiența informațională, cu posibilitatea de a codifica informația la nivel molecular, extrem de compact, și paralelismul masiv, cu milioane de molecule evoluând simultan în aceeași eprubetă, conform unor reacții biochimice cunoscute și ușor de controlat. Primul experiment de calcul cu ADN a fost raportat în 1994: L.A. Adleman, *Molecular Computation of Solutions to Combinatorial Problems*, *Science*, 226 (Nov. 1994), pp. 1021–1024.

Din punct de vedere teoretic, calculul cu ADN a fost inițiat în 1987, când americanul Thomas/Tom Head a propus o formalizare în termeni de teoria limbajelor formale pentru operația de recombinare a moleculelor de ADN secționare de enzime restrictive care produc *capete lipicioase* ale fragmentelor de molecule, care se pot recombină încrucișat, prefixul primei molecule cu sufixul celei de a doua și invers (T. Head, *Formal Language Theory and DNA: An Analysis of the Generative Capacity of Specific Recombinant Behavior*, *Bulletin of Math. Biology*, 49 (1987), pp. 737–759). Autorul a numit *splicing* această operație. În lucrarea *On the Splicing Operation* (*Discrete Applied Mathematics*, 70 (1996), pp. 57–79), scrisă în primăvara anului 1994, deci înainte de experimentul lui Adleman, am simplificat formalismul lui Tom Head, propunând o operație „pur lingvistică” (printre altele, lucrând cu șiruri simple de simboluri, nu cu secvențe duble, cum procedase T. Head). În același an au fost publicate lucrările Gh. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa, *Computing by Splicing*, *Theoretical Computer Science*, 168 (1996), pp. 321–336, și Gh. Păun, *Regular Extended H Systems Are Computationally Universal*, *J. Automata, Languages, Combinatorics*, 1 (1996), pp. 27–36.

Titlurile sunt autoexplicative. Prima lucrare introduce un model de calcul, de tip gramatical, folosind ca operație cu șiruri *splicing*-ul (în versiunea simplificată), model pe care l-am numit *H system*, în onoarea lui Tom Head. În a doua lucrare demonstrăm un rezultat oarecum surprinzător pentru acel moment (se arătase mai devreme că, folosind operația lui Tom Head, plecând de la limbaje regulate nu se poate trece dincolo de familia limbajelor regulate), anume echivalența cu mașina Turing (deci universalitatea) sistemelor H cu o mulțime finită de axiome, dar cu o mulțime de reguli de *splicing* care formează un limbaj regulat.

Au urmat numeroase propuneri de evitare a folosirii unui limbaj infinit de reguli, chiar dacă de un tip simplu, regulat, prin folosirea unei mulțimi finite de reguli, aplicate însă condiționat, de exemplu, urmând sugestii din zona gramaticilor cu restricții în derivare sau dinspre teoria sistemelor de gramatici.

Pentru toate aceste modele se demonstra universalitatea computațională (echivalența cu mașina Turing) a unor sisteme H finite, dar fie cu control asupra aplicării regulilor de *splicing* (de pildă, promotori, inhibitori, secvențe de reguli ca în gramaticile matriciale sau programate etc.), fie cu calculul distribuit sau paralel, ca în sistemele de gramatici. Universalitatea implică programabilitatea, deci posibilitatea teoretică de realizare a unor „calculatoare” pe bază de ADN programabile (și eficiente, datorită paralelismului). Nu au fost însă realizate asemenea calculatoare, implementarea în laborator a operațiilor de *splicing* controlate ca în demonstrațiile rezultatelor teoretice nu este încă posibilă.

La nivel teoretic, sistemele H au fost studiate intensiv, de cercetători din întreaga lume. Au participat la această „campanie” și mai mulți informaticieni români, în afară de subsemnatul și Lila Kari, amintită mai devreme. În 1998, a apărut la Springer-Verlag, Berlin, monografia Gh. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa, *DNA Computing. New Computing Paradigms*, tradusă ulterior în japoneză (1999), chineză (2002) și rusă (2004). Reiau din bibliografia acestei cărți, deci la nivelul anului 1998, numele românilor cu lucrări în *DNA computing*: Adrian Atanasiu, Victor Mitrană, Gianina Georgescu, Lucian Ilie, Mihaela Malița (acum, la Colegiul St. Anselm, SUA), Gheorghe Ștefan, Solomon Marcus, Alexandru Mateescu, Valeria Mihalache, Andrei Păun, Mihaela Păun.

Monografia amintită mai devreme investighează și alte modele de calcul, diferite de sistemele H, în particular, o propunere de tip automat (numit *automat Watson-Crick*).

Merită semnalat și faptul că prima întâlnire europeană dedicată calculului cu ADN a fost organizată în România, în august 1997, la Mangalia, sub egida Universității Mării Negre. Au participat, printre alții, Tom Head, Solomon Marcus, Vincenzo Manca (Italia), Jurgen Dassow (Germania), Kamala Krithivasan (India). Detalii pot fi găsite în volumul Gh. Păun, ed., *Computing with Bio-Molecules. Theory and Experiments*, Springer-Verlag, Singapore, 1998. La cercetătorii români amintiți mai devreme ca având contribuții la *DNA computing* (deja din 1998) se adaugă Gabriel Ciobanu și Rodica Ceterchi.

CALCULABILITATE MEMBRANARĂ (MEMBRANE COMPUTING) – I

Calculul folosind ADN s-a dezvoltat mult la nivel teoretic, s-au efectuat și multe experimente (domeniul a evoluat în mare măsură în direcția nanoingineriei), dar calcule de interes practic nu sunt cunoscute, în ciuda entuziasmului inițial. Principala dificultate a „tranzacționării spațiu-timp” (rezolvarea problemelor de complexitate exponențială în timp polinomial, prin folosirea unui spațiu de lucru exponențial) este creșterea accelerată a spațiului de lucru, a „greutății” calculatorului în cazul ADN; remarca a venit imediat după experimentul lui Adleman: J. Harmanis, *On the Weight of Computation, Bulletin of the EATCS*, 55 (Februarie 1995), pp. 136–138. O altă dificultate, practică de data aceasta, este legată de comportarea mai robustă și mai predictibilă a moleculelor de ADN în mediul lor natural, în celulă, decât în eprubetă.

Aceasta a fost ideea de start a calculului membranar: folosirea celulei ca atare ca suport de calcul, la nivel teoretic (abstractizarea unor idei privind structura celulei și biochimia din compartimentele acesteia, pentru a defini un model de calcul). Lucrarea inițială (Gh. Păun, *Computing with Membranes, Journal of Computer and Systems Sciences*, 61, 1 (2000), pp. 108–143) a fost circulată încă din noiembrie 1998 ca Raport Tehnic al TUCS (Turku Centre for Computer Science), nr. 208. Reacția comunității internaționale de informatică teoretică a fost atât de pozitivă,

încât deja în 2000 s-a putut organiza un prim Workshop on Multiset Processing/Membrane Computing (WMC), la Curtea de Argeș. Următoarele ediții au avut loc la Curtea de Argeș (2001, 2002), Tarragona, Spania (2003), Milano, Italia (2004), Viena, Austria (2005), Leiden, Olanda (2006), Salonic, Grecia (2007), Edinburgh, UK (2008). Cea de a zecea ediție s-a desfășurat tot la Curtea de Argeș (2009), iar întâlnirea și-a schimbat numele în *conferință*, CMC (Conference on Membrane Computing), cu următoarele ediții organizate la Jena, Germania (2010), Fontainebleau, Franța (2011), Budapesta, Ungaria (2012), Chișinău, Rep. Moldova (2013), Praga, Cehia (2014), Valencia, Spania (2015), Milano (2016), Bradford, UK (2017), Dresda, Germania (2018), cu ediția a 20-a planificată a se organiza tot la Curtea de Argeș. Toate edițiile s-au concretizat cu volume de tip pre-proceedings, plus un volum în seria *Lecture Notes in Computer Science*, a Editurii Springer, cu o selecție a lucrărilor.



Gheorghe Păun

Din 2003 se organizează anual și așa-numitul BWMC – Brainstorming Week on Membrane Computing (prima ediție a avut loc la Tarragona, după care, anual, întâlnirea are loc la Sevilla, Spania). Este vorba despre o întâlnire de un tip mai deosebit, de lucru, colaborare de-a lungul a cinci sau șase zile, extrem de productivă – în fiecare an, lucrările elaborate la Sevilla se adună într-o carte, adesea cu două volume, iar o selecție a lucrărilor apare într-un număr special de revistă. Detalii pot fi găsite în pagina web a Research Group on Natural Computing, RGNC, Departamentul de Informatică și Inteligență Artificială din Universitatea Sevilla, www.gcn.us.es.

O conferință similară CMC are loc și în Asia, numită chiar Asian Conference on Membrane Computing, ACMC. Ediția a șasea, 2017, a avut loc la Chengdu, China, cea din 2016 a fost organizată în Malayezia.

Rămânând la nivel organizatoric, merită menționat faptul că în 2016 s-a înființat International Membrane Computing Society, IMCS, cu sediul în China. Detalii pot fi găsite în *Bulletin of the IMCS*, cu două apariții anuale, tipărit, dar și disponibil la <http://membranecomputiung.net/IMCSBulletin> (site găzduit de Universitatea Politehnică din București, în grupul profesorului Cătălin Buiu, webmaster Andrei George Florea). Din 2019, o revistă, *Journal of Membrane Computing*, va apărea la Editura Springer, sub egida IMCS.

La două decenii de la inițierea domeniului, bibliografia calculului membranar cuprinde peste 100 de teze de doctorat (prima a fost susținută în India, în 2001: S.N. Krishna, *Languages of P Systems. Computability and Complexity*, IIT Madras, a doua în Italia, tot în 2001: C. Zandron, *A Model for Molecular Computing: Membrane Systems*, Università degli Studi di Milano), peste 3 000 de articole, în jur de 30 de numere speciale de reviste, peste 40 de volume colective, mai multe monografii de autor, plus un masiv *The Oxford Handbook of Membrane Computing*, editat de Gh. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa (Oxford Univ. Press, 2010). Reiau

câteva titluri de monografii și de volume colective cu autori sau editori români (există și altele, numai cu autori sau editori străini):

Gh. Păun, *Membrane Computing. An Introduction*, Springer, 2002 (traducere în chineză în 2012).

G. Ciobanu, Gh. Păun, M.J. Pérez-Jiménez, eds., *Applications of Membrane Computing*, Springer, 2006.

Andrei Păun, *Computability of the DNA and Cells. Splicing and Membrane Computing*, SBEB Publishing, Choudrant, Louisiana, USA, 2008⁵.

Dragoș Sburlan, *Membrane Computing Insights. Permitting and Forbidding Contexts*, Ovidius Univ. Press, Constanța, 2009.

Armand Mihai Ionescu, *Membrane Computing: Traces, Neural Inspired Models, Controls*, VDM Verlag Dr. Müller, Saarbrücken, 2009.

G. Ciobanu, *Membrane Computing. Biologically Inspired Process Calculi*, Editura Univ. „Al.I. Cuza”, Iași, 2010.

P. Frisco, M. Gheorghe, M.J. Pérez-Jiménez, eds., *Applications of Membrane Computing in Systems and Synthetic Biology*, Springer, 2014.

Gexiang Zhang, M.J. Pérez-Jiménez, M. Gheorghe, *Real-Life Applications with Membrane Computing*, Springer, 2017.

Andrei George Florea, Cătălin Buiu, *Membrane Computing for Distributed Control of Robotic Swarms: Emerging Research and Opportunities*, IGI Global, 2017.

Grupuri de cercetare în calculul membranelor au existat sau există în numeroase țări, printre cele mai active fiind cele din Milano, Pisa, Verona (Italia), Sevilla, Madrid, Valencia (Spania), Sheffield, Bradford (UK), Budapesta, Debrecen (Ungaria), Viena (Austria), Leiden (Olanda), Chișinău, mai multe locuri din Germania și Franța, Japonia și Asia de Sud-Est (India, Malayezia), cu o mențiune specială pentru China, unde s-au susținut deja în jur de douăzeci de teze de doctorat în acest domeniu. În România au lucrat sau lucrează în calculul membranelor cercetători din București, Iași, Pitești, Constanța, Timișoara.

Bibliografii (și alte informații) mai vechi sau mai noi pot fi găsite la <http://ppage.psystems.eu>, un site organizat la Universitatea Tehnică din Viena, Austria.

CALCULABILITATE MEMBRANARĂ (MEMBRANE COMPUTING) – II

Să aruncăm o privire și asupra modelelor studiate, asupra problemelor și rezultatelor, aplicațiilor și direcțiilor principale de dezvoltare ale calculului membranelor.

⁵ Cartea este bazată pe teza de doctorat a autorului, susținută în 2003 la University of Western Ontario, London, Canada, sub conducerea profesorului Sheng Yu. În 2003–2007, Andrei Păun a lucrat la Louisiana Tech, Ruston, SUA (printre doctoranzii săi de acolo s-a numărat și româncă Bianca Popa), în 2006 a primit o bursă Ramon y Cajal la Madrid, Spania, în prezent este profesor la Facultatea de Matematică și Informatică a Universității din București.

În esență, modelul de bază propune un mecanism de calcul distribuit și paralel, care procesează multiseturi (mulțimi cu multiplicități asociate elementelor, ca în chimie–biochimie) de simboluri în compartimentele definite de o structură ierarhică de membrane. Se reține, deci, de la celula vie arhitectura sa ierarhică, cu structura definită de membrane (vezicule tridimensionale), cu procese biochimice localizate în compartimente. Simbolurile corespund substanțelor chimice (le numim *obiecte*), de la macromolecule la ioni, care reacționează în soluție apoasă în celulă. Aceste substanțe-simboluri pot și trece dintr-un compartiment în altul (de pildă, prin canale proteice, definind așa-numitele procese de *symport* sau *antiport*: două sau mai multe substanțe trec simultan printr-un canal proteic, în aceeași direcție sau în sensuri contrare). Și membranele pot evolua, de exemplu, pot fi dizolvate, sau se pot divide, crea etc.

Plecând de la o configurație inițială (de membrane și obiecte) și aplicând în paralel reguli specificate (de genul reacțiilor biochimice, ceea ce revine la înlocuirea unui multiset de obiecte cu un alt multiset, reguli *symport-antiport*, de modificare a membranelor sau de alte tipuri), se definește un calcul; dacă se ajunge la o configurație în care nu se mai poate aplica nicio regulă (calculul se oprește), obținem un rezultat, de pildă, ca număr al obiectelor dintr-un compartiment specificat dinainte.

Acest mecanism de calcul este echivalent cu mașina Turing, deci este universal din punctul de vedere al puterii de calcul, chiar și în variante restrictive (ca număr de membrane sau ca formă a regulilor de evoluție). S-a demonstrat acest lucru încă din lucrarea inițială, cea circulantă în 1998.

Atunci când se folosesc și reguli de divizare a membranelor, într-un timp liniar se poate produce un număr exponențial de membrane; folosind acest spațiu exponențial de lucru, se pot rezolva probleme **NP**-complete în timp polinomial. Ideea a fost introdusă în Gh. Păun, *P Systems with Active Membranes. Attacking NP-complete Problems*, *Journal of Automata, Languages and Combinatorics*, 6, 1 (2001), pp. 75–90.

Interesant este că se poate calcula la nivelul mașinii Turing și numai folosind reguli de trecere a obiectelor peste membrane (reguli de *symport-antiport*): Andrei Păun, Gh. Păun, *The Power of Communication: P Systems with Symport/Antiport*, *New Generation Computing*, 20, 3 (2002), pp. 295–306.

De la un aranjament ierarhic al membranelor, ca într-o celulă, se poate trece la un aranjament „orizontal”, corespunzând populațiilor de celule, iar rezultatele sunt similare: universalitate cu sisteme restrictive și eficiență computațională dacă sunt folosite și reguli de diviziune.

În 2006 au fost introduse două clase foarte importante (bogate în proprietăți, promițătoare în aplicații): Gh. Păun, Radu Păun, *Membrane Computing and Economics: Numerical P Systems*, *Fundamenta Informaticae*, 73, 1–2 (2006), pp. 213–227, și Mihai Ionescu, Gh. Păun, T. Yokomori, *Spiking Neural P Systems*, *Fundamenta Informaticae*, 71, 2–3 (2006), pp. 279–308. Titlurile anterioare sunt autoexplicative, bibliografiile celor două direcții de cercetare sunt deja foarte

largi. Bibliografiile ale ambelor domenii pot fi găsite în numărul din iunie 2016 ale *Bulletin of IMCS*.

Bineînțeles, există și alte clase de sisteme P mult studiate. Menționez doar trei dintre ele.

Conformon P systems, introduse de Pierluigi Frisco – detalii în cartea acestuia menționată în secțiunea anterioară.

Sistemele MP (*metabolic P systems*), introduse și studiate de Vincenzo Manca și grupurile sale din Pisa și Verona, cu multe aplicații în biologie și biomedicină; detalii în monografia V. Manca, *Infobiotics. Information in Biotic Systems*, Springer, Berlin, 2013.

Kernel P systems, introduse într-o lucrare omonimă de Marian Gheorghe, Florentin Ipatu, Ciprian Dragomir, *Proc. 10th Brainstorming Week on Membrane Computing*, Fenix Editora, Sevilla, 2012, pp. 153–170. O trecere în revistă a acestei direcții de cercetare poate fi găsită în M. Gheorghe, *A Survey of Kernel P Systems*, *Bulletin of IMCS*, 3 (June 2017), pp. 25–39.

Pe lângă rezultatele teoretice, privind puterea și eficiența de calcul a sistemelor P, este important de notat că există aplicații numeroase și tot mai elaborate, în domenii dintre cele mai diverse: biologie și biomedicină, ecologie, modelare economică, lingvistică, criptografie, grafică de calculator. Volumele menționate în secțiunea anterioară pot oferi detalii. Cu totul surprinzătoare par aplicațiile în controlul roboților și cele în optimizarea aproximativă – chiar dacă, la o a doua privire, lucrurile sunt explicabile: eficiența de calcul (inclusiv a sistemelor P numerice, unde, în compartimentele unei „celule” evoluează variabile numerice, conform unor „programe” cu inspirație economică: valorile curente ale variabilelor sunt consumate de *funcții de producție* date, iar rezultatul este *distribuit* conform unor protocoale de asemenea specificate), în timp ce calculul evolutiv distribuit, cu distribuirea organizată și controlată ca în interiorul unei celule, prin intermediul membranelor, este cunoscut a fi util în cele mai diverse situații.

Corespunzând aplicațiilor, s-a dezvoltat mult zona de software dedicat calculului membranelor. Există numeroase programe de simulare, implementări pe rețele de calculatoare sau pe hardware paralel (folosind plăci grafice NVIDIA – la Sevilla mai ales), există și un limbaj de programare dedicat, *P-lingua*, dezvoltat tot la Sevilla (o prezentare de sinteză poate fi găsită în *Bulletin of IMCS*, 4, decembrie 2017: Luis Valencia-Cabrera, David Orellana-Martin, Miguel A. Martinez-del-Amor, Mario J. Pérez-Jiménez, *From Super-cells to Robotic Swarms: Two Decades of Evolution in the Simulation of P Systems*).

Cercetările în calculul membranelor sunt în plină desfășurare, aplicațiile se îmbogățesc continuu. Trebuie spus însă că nu există încă nicio implementare pe suport biologic, în laborator (așa cum s-a întâmplat în cazul calculului cu ADN). Există însă în SUA un patent de acest tip, pe numele lui Ehud Keinan, de la Institutul Tehnion din Haifa, Israel, patentul nr. US20090124506 A1, din 3 noiembrie 2008: *A Method of Implementation of a P System in Membrane Computing*, dar, din câte știu, este doar o „implementare teoretică”, fără a fi fost pusă în practică.

INFORMATICIENI DISPĂRUȚI

Menționez numai câțiva dintre informaticienii dispăruți prematur, în plină ascensiune și putere creatoare: **Octavian Bâscă** – București, **Nicolae Țândăreanu** – București și Craiova, **Dumitru Dumitrescu** – Cluj-Napoca, **Luminița State** – București și Pitești, **Irina Gorun-Bercovici** (a decedat în 1985, în SUA, după un debut promițător în teoria limbajelor formale, sub supervizarea profesorului Solomon Marcus).



Luminița State



Alexandru Mateescu

Două cazuri mai speciale sunt cele ale lui Alexandru Mateescu și Mihai Pătrașcu.

Alexandru Mateescu (1952–2005) a avut o carieră oarecum standard pentru un informatician român născut la începutul anilor 1950, dar s-a stins nedrept de repede, lăsând însă în urmă o operă solidă și durabilă. A făcut liceul la Bușteni, localitatea natală, Facultatea de Matematică la București, a lucrat „în producție” câțiva ani, apoi a primit un post de asistent la Facultatea de Matematică, unde a avansat până la gradul de profesor. În 1990 a părăsit România și, după o scurtă ședere în Austria, a ajuns în Finlanda, mai întâi la Joensuu, apoi la Turku, unde a lucrat în grupul profesorului Arto Salomaa până în 1999, alături de mai mulți informaticieni români, unii implicați în proiectele de cercetare ale profesorului Salomaa, alții veniți aici pentru doctorat, majoritatea în cadrul TUCS (Turku Center for Computer Science). A petrecut stagii de cercetare și în alte țări, mai ales în Spania.

Având în general o abordare algebrică în cercetările sale, Al. Mateescu a fost inițial interesat de gramaticile cu două niveluri, introduse de A. van Wijngaarden, subiectul tezei sale de doctorat, susținută la București cu profesorul Constantin Popovici, apoi și-a diversificat mult preocupările: combinatorică pe cuvinte, calculul natural, Problema Corespondenței a lui Post (PCP), gramatici contextuale, gramatici bazate pe *pattern*-uri, gramatici cu restricții în derivare și altele.

Trei dintre noțiunile introduse de el, în colaborare, pe de o parte, au avut un bun impact, pe de alta, sunt încă studiate:

1. Controlarea operației de intercalare a simbolurilor a două șiruri (*shuffle*) cu ajutorul unui al treilea șir, numit *traietorie*: Al. Mateescu, G. Rozenberg, A. Salomaa, *Shuffle on Trajectories: Syntactic Constraints, Theoretical Computer Science*, 197, 1–2 (1998), pp. 1–56.

2. O clasă foarte restrictivă de sisteme H, dar bogată în proprietăți: Al. Mateescu, Gh. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa, *Simple Splicing Systems, Discrete Applied Mathematics*, 84, 1–3 (1998), pp. 145–163.

3. O generalizare a aplicației lui Parikh la *matrici ale lui Parikh* asociate structurii unui șir de simboluri: Al. Mateescu, A. Salomaa, K. Salomaa, S. Yu, *A Sharpening of the Parikh Mapping, R.A.I.R.O.*, 35, 6 (2001), pp. 551–564.

Dovada interesului durabil pentru aceste subiecte poate fi găsită, de exemplu, în cele două volume comemorative care i s-au dedicat, un număr special, dublu, al revistei *Fundamenta Informaticae* (vol. 73, nr. 1–2, 2006, 320 de pagini), cu titlul *Special Issue on Trajectories of Language Theory. Dedicated to the Memory of Alexandru Mateescu*, și *Discrete Mathematics and Computer Science. In Memoriam Alexandru Mateescu (1952–2005)*, Editura Academiei Române, București, 2014. Ambele volume au fost editate de Gh. Păun, G. Rozenberg, A. Salomaa.



Mihai Pătrașcu

Cel mai tânăr și mai recent dispărut este **Mihai Pătrașcu** (1982, Craiova – 2012, SUA). Contribuțiile sale la teoria structurilor de date și a bazelor de date l-au impus ca fiind unul dintre cei mai importanți informaticieni ai generației sale, „care ar fi avut toate șansele să devină unul dintre marii oameni de știință români ai secolului 21” – citez din Cristian S. Calude (revista *Curtea de la Arges*, septembrie 2012). Talent matematic ieșit din comun, manifestat de mic (printre cei mai medaliați premianți din lume ai olimpiadelor de matematică), a făcut doi ani de facultate la Craiova, apoi a continuat la Massachusetts Institute of Technology (MIT), unde a făcut și doctoratul, încheiat în 2008, sub conducerea lui Erik Demaine (teza: *Lower Bound*

Techniques for Data Structures), a lucrat la AT&T Labs, din Florham Park, New Jersey, SUA.

Rezultatele sale au trezit ecouri superlative – reiau din nou din articolul citat mai devreme al lui C.S. Calude: „În perioada 2004–2012, Pătrașcu a publicat aproape 50 articole, în unele dintre cele mai bune conferințe și reviste de informatică teoretică din lume. A obținut multe premii, printre care premiul pentru cel mai bun student doctorand din SUA și Canada în 2005, premiile pentru cea mai bună lucrare prezentată de un student doctorand la conferințele ICALP în 2005 și FOCS în 2008 (ICALP și FOCS sunt două din cele mai importante conferințe de informatică teoretică din Europa, respectiv, SUA). (...) Articolele lui Pătrașcu au fost foarte apreciate și citate. Iată doar un exemplu: blogul *Computational Complexity*, ținut de Lance Fortnow și Bill Gasarch listează articolul M. Pătrașcu and Mikkel Thorup, *The power of simple tabulation hashing, STOC11 Proceedings of the 43rd Annual ACM Symposium on Theory of Computing*, pp. 1–10, ca fiind

printre cele mai bune dintre cele publicate în 2011 în domeniul complexității calculului.”

Chiar în 2012, Asociația Europeană de Informatică Teoretică (EATCS) i-a oferit Premiul Presburger, pentru contribuțiile sale la teoria structurilor de date. În argumentarea comitetului EATCS de premiere se spune: „Pătrașcu’s work has broken through many old barriers on fundamental data structure problems, not only revitalizing but also revolutionizing a field that was almost silent for over a decade” („Rezultatele lui Pătrașcu au rupt multe vechi bariere privind structurile de date, nu numai revigorând, dar chiar revoluționând un domeniu care era aproape mut de peste un deceniu”. Din păcate, la conferința unde trebuia să primească premiul, Mihai Pătrașcu nu a mai putut să ajungă.

Detalii pot fi găsite pe internet, de exemplu, la <http://people.csail.mit.edu/mip/>.

INFORMATICIENI (TEORETICIENI) ROMÂNI CARE OCUPĂ POZIȚII IMPORTANTE ÎN LUME

Voi aminti în continuare câțiva dintre informaticienii români care nu numai că au acumulat un palmares științific important, dar au și ajuns în funcții vizibile în diverse locuri din lume, conduc instituții de cercetare, proiecte de anvergură, reviste. Ordinea va fi alfabetică.

Cristian S. Calude s-a născut în 1952, la Galați. A început activitatea de cercetare de timpuriu, cu Moisil, a continuat cu Marcus, cu care a făcut și doctoratul (teza: *Metode categoriale în teoria calculabilității*, 1977), profesor la Universitatea din București, stabilit după 1990 în Noua Zeelandă, unde este profesor (*personal chair in computer science*) la Universitatea Auckland. Este director fondator al Centrului pentru Matematică Discretă și Informatică Teoretică al Univ. Auckland. Membru a numeroase societăți profesionale internaționale de matematică și informatică, membru al Academiei Europaea. Profesor vizitator la mai multe universități din Europa, America de Nord și de Sud, Australasia, Africa de Sud. Autor sau coautor a peste 270 articole și 8 cărți, editor a peste 60 de volume colective sau numere speciale de reviste. Cercetări în teoria algoritmică a informației, calcul cuantic, matematică discretă, istoria și filosofia calculului etc.



Cristian Calude

Dintre monografiile sale:

C.S. Calude, *Complexitatea calculului. Aspecte calitative*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1982.

C.S. Calude, *Theories of Computational Complexity*, North-Holland, Amsterdam, 1988.

C.S. Calude, *Information and Randomness: An Algorithmic Perspective*, 2nd Edition, Revised and Extended, Springer-Verlag, Berlin, 2002.

În ultimii ani, Cristian Calude este unul dintre cei mai activi și mai proeminenți cercetători în domeniul calculului cuantic, cu o serie de rezultate, obținute singur sau în colaborare, care au fost considerate drept contribuții importante în domeniu, au fost citate, urmate, premiate.

De pildă, lucrarea *Deciding Parity Games in Quasi-polynomial Time*, de C.S. Calude și Bakhadyr Khoussainov (Auckland), în colaborare cu S. Jain, W. Li și F. Stephan de la Universitatea Națională din Singapore, a primit premiul *Best Paper* la ACM STOC (Symposium on Theory of Computation), Montreal, Canada, iunie 2017. Lucrarea rezolvă o problemă deschisă încă din anii 1970, legată de verificare, model checking, logică, automate și miu-calcul. „Acesta este într-adevăr un pas înainte major asupra unei probleme foarte importante/This is indeed a major breakthrough on a very important problem”, a comentat L. Aceto, fost președinte al Asociației Europene de Informatică Teoretică (EATCS).

O lucrare de C.S. Calude, Elena Calude (de asemenea profesor la Auckland) și M.J. Dinneen, *Adiabatic Quantum Computing Challenges* (*ACM SIGACT News*, 46, March 2015, pp. 40–61) este dedicată profesorului Sergiu Rudeanu, punctând faptul că acesta este cofondator al optimizării pseudobooleene, cea legată de funcționarea calculatorului cuantic D-Wave. Merită reluat și motto-ul unei alte lucrări recente (decembrie 2017) a soților Calude (*The Road to Quantum Computational Supremacy*), vorbind despre importanța calculului cuantic și posibilele sale implicații: „A hyper-fast quantum computer is the digital equivalent of a nuclear bomb; whoever possesses one will be able to shred any encryption and break any code in existence.” (D. Ignatius, *The Quantum Spy*, W.W. Norton, New York, 2018)

Calude are și o bogată activitate editorială, didactică, organizatorică – printre altele, este inițiator al seriei de conferințe internaționale dedicate Calculului Neconvențional.



Sorin Istrail

Sorin Istrail, de o vârstă cu Cristian Calude, este născut la Târgu-Neamț, a urmat facultatea la Iași, unde și-a început și activitatea de cercetare. În 1979 și-a susținut doctoratul, la București, sub conducerea profesorilor Sergiu Rudeanu și Solomon Marcus, cu teza *Limbaje dependente de context cu aplicații la semantica limbajelor de programare și teoria numerelor*. În decembrie 1983 a emigrat în Statele Unite, unde a avut o carieră fulminantă: cercetător vizitator în informatică la Massachusetts Institute of Technology, în grupul profesorului Albert Meyer, și, de asemenea, profesor asistent de informatică la Wesleyan University; cercetător la Sandia National Laboratories, unde a inaugurat și condus între 1992 și 2000 grupul de Biologie Computațională. Din 1992 a fost Senior Director și apoi Head of Information Research la Celera Genomics, implicat în celebrul Proiect al Genomului Uman. Din anul 2000 este Julie Nguyen Brown Professor of Computational and Mathematical Sciences la prestigioasa Brown University din Providence, Rhode Island, SUA.

Înainte de a pleca din România, a fost interesat de gramatici contextuale, combinatorică pe cuvinte (a introdus un morfism de tip Thue, care, prin iterare,

produce șiruri fără repetări adiacente, numit în literatură *morfism Istrail*), legături între teoria limbajelor formale și teoria numerelor și altele, dar în SUA cercetările sale s-au centrat pe bioinformatică, mai ales în zona genomului, dar și cu aplicații medicale, algoritmică, fizică statistică. Este unul dintre coautorii raportului Proiectului Genomului Uman. În anul 2000 a obținut un rezultat de mecanică statistică, rezolvând o problemă deschisă cu 50 de ani în urmă, așa-numita *Three-Dimensional Ising Model Problem*. Rezultatul a fost inclus în *Top 100 Most Important Discoveries of the U.S. Department of Energy's First 25 Years*, ca fiind cea de a șaptea realizare de top a DOE în Calculul Științific Avansat.

Este redactor-șef al revistei *Journal of Computational Biology*, co-editor ale seriilor de cărți *Computational Molecular Biology* a Editurii MIT Press și *Lecture Notes in Bioinformatics* a Editurii Springer. Este profesor de onoare al Universității „Al.I. Cuza” din Iași (laudatio disponibil la <http://www.uaic.ro/wp-content/uploads/2013/12/LaudatioSorinIstrailcitit.pdf>, de unde am reluat unele detalii; alte informații pot fi găsite la http://www.brown.edu/Research/Istrail_Lab/sorin.php, site-ul „Istrail Lab” de la Brown University).

Lila Kari (fostă Sântean) s-a născut la Tulcea, în 1964, a absolvit Facultatea de Matematică a Universității din București (teza de master *Probleme de teoria limbajelor formale sugerate de teoria numerelor*, supervisor Gh. Păun, 1987). În 1990 a plecat în Finlanda, unde, în 1991, la Universitatea din Turku, a susținut teza de doctorat *On Insertion and Deletion in Formal Languages*, sub conducerea lui Arto Salomaa, cu Grzegorz Rozenberg referent extern. Teza a primit Premiul „Rolf Nevanlinna”, pentru cea mai bună teză de doctorat din Finlanda din acel an. În 1993 s-a mutat la Universitatea Western Ontario din London, Ontario, Canada, unde a devenit profesor, iar din 2002 până în 2011 a deținut un prestigios Canada Research Chair în biocalculabilitate. În 2015 s-a mutat la Universitatea din Waterloo, Canada (departamentul de informatică de aici este cotate de către Times Higher Education World University Rankings 2017 ca fiind pe locul 23 din lume).



Lila Kari

Interesată inițial de teoria limbajelor formale (este cofondatoare a domeniului sistemelor de gramatici) și de combinatorică pe cuvinte (subiectul tezei de doctorat), după experimentul lui Adleman, din 1994, s-a dedicat calculabilității pe bază de ADN, devenind unul dintre cei mai activi și influenți autori, editori, organizatori de conferințe în domeniu. În 2015, la cea de-a 25-a Conferință Internațională de DNA Computing și Programare Moleculară, organizată la Universitatea Harvard, SUA, a primit „The Tulip Award” pentru *The DNA Computer Scientist of the Year*. Are mai multe contribuții importante, adesea în colaborare, în ceea ce privește studiul sistemelor H, bazate pe operația de splicing, sau puterea de calcul a sistemelor P. (Împreună cu R. Freund, M. Oswald și P. Sosik este autoarea celui mai puternic rezultat privind universalitatea sistemelor P catalitice: puterea mașinilor Turing

este atinsă de sistemele cu doi catalizatori: *Computationally Universal P Systems without Priorities: Two Catalysts Are Sufficient*, *Theoretical Computer Science*, 330 (2005), pp. 251–266. Problema dacă un catalizator este suficient a rămas de atunci deschisă.) Împreună cu Laura Landweber, a introdus un model al recombinării genelor la ciliate (*Computational Power of Gene Rearrangement*, *DNA Based Computers*, 1999, pp. 207–216). A avut mulți studenți doctoranzi de succes.

Din 2014 este redactor-șef al seriei C, *Natural Computing*, a revistei *Theoretical Computer Science* (Elsevier), una dintre cele mai cunoscute reviste de informatică teoretică.



Ion Petre

Ion Petre s-a născut în 1974, la Novaci, Gorj. A absolvit Facultatea de Matematică la București, teza de doctorat a susținut-o la Turku, Finlanda, sub conducerea profesorului Juhani Karhumaki: *Commutation Problems on Sets and Multisets of Words* (2002). În 2007 a primit titlul de docent (grad echivalent cu abilitarea din România și alte țări) în informatică, specializarea bioinformatică, la Abo Academi University din Turku, iar în 2016 a primit și titlul de docent în matematică aplicată, la Universitatea din Turku. Cercetător la Academia Finlandei, profesor la Abo Academi University din Turku, numeroase granturi și proiecte de cercetare finlandeze și internaționale, membru în multe comitete editoriale de reviste și comitete de program

ale unor conferințe internaționale. A primit premii *best paper* la CMSB 2012 și CMSB 2016 (Computational Methods in Systems Biology).

A ocupat mai multe funcții de conducere la Turku: șeful programelor de informatică de la Abo Academi University, Departamentul de IT (din 2010), vice-director al TUCS (între 2011 și 2014), director al TUCS (din 2015) etc.

Conduce, de asemenea, Computational Biomodelling Laboratory din Turku (detalii la <http://users.abo.fi/ipetre/?n=Research.Research>).

Cercetări în teoria limbajelor formale și combinatorică pe cuvinte, dar principalele domenii de interes, cu publicații de mare impact, sunt bioinformatica, modelarea computațională a proceselor biologice, reasamblarea genelor la ciliate și teoria sistemelor de reacții, unde are un mare număr de publicații împreună cu profesorul Grzegorz Rozenberg.

De semnalat în mod deosebit este cartea *Computation in Living Cells: Gene Assembly in Ciliates*, scrisă în colaborare cu Andrzej Ehrenfeucht, Tero Harju, David M. Prescott, Grzegorz Rozenberg (Springer-Verlag, 2004), în care se studiază sistematic un model care explică modul în care ciliatele își reasamblează genele în procesul diviziunii celulare.

Amintesc și un promițător articol recent, publicat într-o revistă de mare impact: K. Kanhaiya, E. Czeizler, C. Gratie, I. Petre, *Controlling Directed Protein Interaction Networks in Cancer*, *Nature Scientific Reports*, 7, September 2017.

Există, desigur, și alți cercetători români de succes în diverse locuri din lume. Menționez aici doar câțiva dintre ei (din nou, în ordine alfabetică).

Marian Gheorghe, absolvent al Facultății de Matematică a Universității din București, doctoratul sub conducerea profesorului Solomon Marcus, după ce a lucrat la Centrul de Calcul al Universității din București și la Universitatea din Pitești, s-a stabilit în Anglia, la Universitatea din Sheffield, apoi la Universitatea din Bradford. Cercetări în teoria limbajelor formale, DNA și membrane computing. Este unul dintre cei mai activi în acest din urmă domeniu, editor de cărți și reviste, organizator de conferințe. Printre altele, a introdus kernel P systems, are rezultate importante privind puterea sistemelor P bazate pe operațiile de *symport-antiport*, este preocupat de *formal verification* și *testing*, aplicații, simularea pe calculator a sistemelor P.



Marian Gheorghe

Lucian Ilie a absolvit Facultatea de Matematică în București, a făcut doctoratul cu Arto Salomaa, la Turku, Finlanda (1999), a avut stagii de cercetare în Franța, Olanda, Germania (bursă Alexander von Humboldt), din anul 2000 lucrează la Universitatea Western Ontario, London, Canada, unde este acum profesor. Interesat de teoria limbajelor formale, combinatorică pe cuvinte (string processing), bioinformatică.



Lucian Ilie



Dan Simovici

Dan Simovici a făcut doctoratul la București, a fost profesor la Iași, a plecat la începutul anilor 1980 în SUA. Profesor la mai multe universități americane, ultima fiind University of Massachusetts Boston, Departamentul de Informatică. Profesor onorific al Universității „A.I. Cuza” din Iași. A fost sau este interesat de teoria limbajelor formale, logicile multivalente, data mining, modele semantice în bazele de date și altele. Este Managing Editor al *Journal for Multiple-Valued Logic and Soft Computing*. A scris mai multe cărți, dintre care menționăm:

Limbaje formale și tehnici de compilare, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.

Mathematical Foundations of Computer Science. Vol. I: *Sets, Relations, Induction in Computer Science* (cu Peter Fejer), Springer-Verlag, New York, 1990.

Introduction aux Structures Algébriques (2 vols.), ERPI, Montreal, Canada, 1992.

Relational Database Systems (cu Richard Tenney), Academic Press, 1995

Theory of Formal Languages with Applications (cu Richard Tenney), World Scientific, Singapore, 1999.

Linear Algebra Tools for Data Mining, World Scientific, Singapore, 2012.

Mathematical Tools for Data Mining (cu C. Djeraba), Springer-Verlag, 2008 (ediția a doua 2015).

Viorica Sofronie–Stokkermans a absolvit Facultatea de Matematică la București (1983–1987), cu specializare în informatică la București și în algebră la Lisabona, Portugalia. Doctoratul la Linz, Austria, în 1997, cu teza *Fibered Structures and Applications to Automated Theorem Proving in Certain Classes of Finitely-Valued Logics and to Modeling Interacting Systems*. A lucrat la Trier și Saarbrücken, din 2011 este profesor la Universitatea Koblenz–Landau, Germania, unde are propriul grup de cercetare (Formal Methods and Theoretical Computer Science). Interesată de logică și algebră, automated reasoning, criptografie, reprezentarea cunoștințelor, ontologii, algebră computațională, baze de date etc.



Viorica Sofronie



Ileana Streinu

Ileana Streinu s-a născut în București, unde a absolvit Facultatea de Matematică și a început activitatea de cercetare, în teoria limbajelor formale, în grupul profesorului Solomon Marcus. A susținut două doctorate, ambele în 1994, unul în matematică–informatică la Universitatea din București, sub conducerea lui Solomon Marcus, iar al doilea în informatică, la Universitatea Rutgers, SUA, sub conducerea lui William L. Steiger. Din 1994, lucrează la Smith College in Massachusetts, unde este profesor și director al Biomathematical Sciences Concentration.

Unul dintre rezultatele de răsunset ale Ilenei Streinu este cel din lucrarea *Pseudo-triangulations, rigidity and motion planning, Discrete and Computational Geometry*, 34 (4), 2005, pp. 587–635, recompensată în 2010 cu Premiul David P. Robbins al Societății Americane de Matematică, unde dă o soluție combinatorială pentru așa-numita „carpenter’s rule problem”.

Victor Vianu a urmat Facultatea de Matematică la București (1974–1977), a susținut doctoratul la University of Southern California, în 1983, sub conducerea lui Seymour Ginsburg, un clasic al teoriei limbajelor formale. Din 1984 lucrează la universitatea californiană, având îndelungi stagii și la INRIA, Franța (Rocquencourt and Saclay) și ENST – Paris (École Nationale Supérieure des Télécommunications). Membru al Academiei Europenei din 2014. Interesat de baze de date, logică computațională, verificare automată. Cartea scrisă împreună cu Serge Abiteboul și Richard Hull, *Foundations of Databases*, Addison-Wesley, 1995, a devenit manual standard pentru teoria bazelor de date. Mai multe premii la conferințe internaționale (în 2010, împreună cu Dan Suciu și Tova Milo, în 2015, împreună cu Luc Segoufin). Pentru șase ani (2009–2015) a fost redactor-șef al celebrei reviste *Journal of the ACM*.



Victor Vianu

Marius Zimand a susținut un doctorat la București, în 1991, cu Cristian Calude (*Positive Relativizations and Baire Classification in Computational Complexity*), și unul în 1996, la University of Rochester, SUA, cu Lane Hemasphandra (*Existential Theorems in Computational Complexity: Size and Robustness*). A lucrat la Georgia Southwestern State University, acum este profesor la Towson University, SUA. Diverse funcții în comitete doctorale, curriculare, de promovare, în ambele universități. A primit premii *best paper* la CSR'2008 (Computer Science in Russia Conference) și la EATCS ICALP 2005. A publicat monografia *Computational Complexity – A Quantitative Perspective*, Elsevier, 2004.



Marius Zimand

Alți informaticieni teoreticieni români care lucrează la universități și institute de cercetare străine sunt Radu Nicolescu (Universitatea din Auckland, Noua Zeelandă, interesat de calcul distribuit, calcul membranar), Eugen Czeizler (bioinformatică, Turku, Finlanda), Valeria Mihalache (doctorat cu Arto Salomaa, la Turku, Finlanda, acum în SUA), Sorina Vicolov–Dumitrescu (doctorat la Facultatea de Matematică București, acum în SUA), Răzvan Andonie (doctorat în 1984 sub conducerea lui Solomon Marcus, acum profesor la Ellensburg, SUA), Cezar Câmpeanu (doctoratul la București cu Cristian Calude, acum profesor la University of Prince Edward Island, Charlottetown, Canada), Daniela Rus (profesor la MIT, SUA), Dan Suciu (absolvent al Politehnicii bucureștene, profesor la University of Washington, cercetări privind bazele de date, cărți, premii).

MODELE ALGEBRICE

În buna tradiție inaugurată de Moisi și continuată de elevii săi (i-am amintit deja pe profesorii **Sergiu Rudeanu** și Dragoș Vaida) sau de elevii elevilor săi

(un exemplu este Alexandru Mateescu), informatica românească a fost permanent aplecată înspre algebră, iar rezultatele s-au acumulat continuu în timp. În acest sens, amintesc bogata activitate didactică și de cercetare a profesorilor **Virgil Emil Căzănescu** (pentru mulți ani, șeful Catedrei de Fundamentele Informaticii și inițiator în cercetare pentru mulți discipoli cu preocupări algebrice) și Rodica Ceterchi, de la Facultatea de Matematică a Universității din București. Pe lângă studiul algebric al logicilor cu mai multe valori de adevăr, R. Ceterchi are contribuții și la calculul membranar, limbaje bidimensionale etc. Cu profesorii S. Rudeanu și V.E. Căzănescu a lucrat și Andrei Baranga (1958–2018), preocupat de modele algebrice pentru semantică.



Virgil Căzănescu



Sergiu Rudeanu



Teodor Rus

Un clasic al abordărilor algebrice în informatică este **Teodor Rus**, cercetător la Institutul de Calcul al Academiei din Cluj-Napoca, apoi la ITC Cluj. Încă din anii 1970 are lucrări care vorbesc despre algebre context-free și folosirea lor în scrierea compilatoarelor. A lucrat în domeniul compilatoarelor și specificațiilor software în România, Germania, Franța, apoi s-a stabilit în Statele Unite, la University of Iowa. A publicat mai multe cărți considerate deschizătoare de drumuri, de la *Structuri de date și sisteme operative*, Edit. Academiei, București, 1974 (tradusă în 1979 la John Wiley, *Data Structures and Operating Systems*), *System Software and Software Systems, Concepts and Methodology*, World Scientific, Singapore, vol. I 1993, vol. 2 1994, până la recenta *Computer-Based Problem Solving Process*, World Scientific, Singapore, 2015.

Doi matematicieni-informaticieni din București, studenți ai profesorului V.E. Căzănescu, cu rezultate notabile sunt Gheorghe Ștefănescu și Răzvan Diaconescu.

Gheorghe Ștefănescu (născut în 1955, la Valea Mare, Argeș), a absolvit Facultatea de Matematică în 1979 și și-a susținut doctoratul în 1991, cu teza *Determinism și nedeterminism în teoria schemelor de programe; aspecte algebrice*, sub conducerea științifică a prof. Sergiu Rudeanu. Profesor, diverse funcții de conducere în Facultatea

de Matematică București. Este interesat de calcul paralel și distribuit, algebre de procese și de rețele, concurență, scheme de programe etc. Stagii de cercetare în Germania, SUA, Olanda, Japonia, Singapore. Este autorul unor articole și cărți inovatoare, bine primite de comunitatea internațională. Menționez doar ampla lucrare de sinteză scrisă împreună cu Virgil Emil Căzănescu, *A General Result on Abstract Flowchart Schemes with Applications to the Study of Accessibility, Reduction and Minimization*. *Theor. Comput. Sci.*, 99 (1), 1992, pp. 1–63, și monografiile.



Gheorghe Ștefănescu

Gh. Ștefănescu, *Algebra of Flownomials*, Technical University Munich, 1994.

Gh. Ștefănescu, *Network Algebra*, Springer-Verlag, Berlin, 2000.

Răzvan Diaconescu (născut în 1964, la Ploiești) a absolvit Facultatea de Matematică în București (1987) și și-a susținut doctoratul în 1994, după un stagiu de patru ani la Universitatea din Oxford, UK, sub conducerea profesorului Joseph Goguen (teza: *Category-Based Semantics for Equational and Constraint Logic Programming*). Între 1996 și 2000 a lucrat în Japonia, la Advanced Institute for Science and Technology, ca proiectant (designer) al unui limbaj nou de specificare și verificare, CafeOBJ, care a adus multe noutăți în domeniu, urmate apoi și de alte echipe. După anul 2000, a lucrat la Institutul de Matematică al Academiei Române, dedicat în special utilizării în informatică a teoriei modelelor. În acest context, a propus o formă nouă, inovativă și de mare impact, a teoriei modelelor, cunoscută sub numele de *institution-independent model theory*.



Răzvan Diaconescu

Ideile dinainte sunt sintetizate în monografiile:

Răzvan Diaconescu, K. Futatsugi, *CafeOBJ Report: The Language, Proof Techniques, and Methodologies for Object-Oriented Algebraic Specification*, vol. 6 of AMAST Series in Computing, World Scientific, Singapore, 1998.

Răzvan Diaconescu, *Institution-Independent Model Theory*, Birkhäuser, Basel, 2008, Seria Studies in Universal Logic.

De altfel, Editura Birkhäuser i-a și decernat, în 2007, în cadrul celui de-al Doilea Congres Internațional de Logică Universală, Premiul pentru câștigarea, împreună cu T. Mossakowski și A. Tarlecki, a competiției „How to translate a logic into another one?”

Amănunte suplimentare pot fi găsite la <https://rdiaconescu.weebly.com/>

Un alt student al profesorului Virgil Emil Căzănescu, cu o frumoasă carieră în SUA este **Grigore Roșu**. A absolvit Facultatea de Matematică București în 1995, master în 1996, doctorat la University of California at San Diego, sub conducerea lui Joseph Goguen (teza: *Hidden Logic*). Din 2002 până acum, cercetător, profesor la University of Illinois at Urbana–Champaign, USA, din 2010 președinte, CEO



Grigore Roșu

și CTO al Runtime Verification, Inc. Interesat de proiectarea, semantica și implementarea limbajelor de programare și specificare, inginerie software automatizată, demonstrare automată, tehnici de sinteză și modularizare, algoritmică etc.

Pentru realizările sale, inclusiv o serie de produse software, pe lângă numeroase granturi de o mare valoare financiară, a primit o serie de premii; dintre ele, menționez doar câteva: Dean's Award for Excellence in Research, 2014, oferit de College of Engineering of the University of Illinois at Urbana-Champaign; C.W. Gear Outstanding Junior Faculty Award, 2005, oferit de Department of Computer Science of the University of Illinois at Urbana-Champaign pentru rezultate în cercetare și activitate didactică; Premiul CAREER, din programul „Software Engineering and Languages”, 2005, oferit de National Science Foundation (NSF); Premiul pentru cea mai bună lucrare despre știința software la ETAPS 2002, oferit de European Association for the Study of Science and Technology.

Detalii suplimentare pot fi găsite la http://fsl.cs.illinois.edu/images/2/26/Grigore_Rosu_CV.pdf

Bineînțeles, lista „informaticienilor algebrști” ar trebui continuată, cu colaboratori ai celor amintiți mai înainte sau, de multe ori, cu elevi ai acestora: Andrei Popescu (doctorat la University of Illinois at Urbana-Champaign, supervizori Elsa L. Gunter și Grigore Roșu, acum la Middlesex University London), Traian Florin Șerbănuță, Andrei Ștefănescu, Laurențiu Leuștean etc.

GRUPUL DE INFORMATICĂ DIN CHIȘINĂU

Avem în vedere în primul rând cercetătorii din Institutul de Matematică și Informatică (IMI) al Academiei de Științe a Moldovei (AȘM⁶), pe cei care lucrează efectiv în institutul din Chișinău, dar și pe cei plecați de aici în diverse țări.



Iurie Rogojin

Liderul influent al școlii de informatică teoretică de la Chișinău a fost **Iurie Rogojin**. S-a născut în 1949, în orașul Berdicev, Ucraina, a decedat, la numai 64 de ani, în 2014. Primii doi ani de studii i-a făcut la Universitatea de Stat din Chișinău, Facultatea de Fizică și Matematică, apoi, urmându-și profesorul, care l-a făcut să îndrăgească informatica teoretică, dr. Marc Bușko-Juc, s-a transferat la Universitatea de Stat din Kubani, Krasnodar, Rusia, pe care a absolvit-o în 1971. În anul 1981 a susținut teza de doctorat *Mașini Turing universale*, în specialitatea

⁶ În 2017, Institutul a fost trecut în subordinea Ministerului Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova.

„Cibernetica matematică”, la Centrul de Calcul al Academiei de Științe a Uniunii Sovietice din Moscova. Rezultatele tezei, dar și cele obținute mai târziu referitoare la mașinile Turing mici (ca număr de stări și de tranziții), au devenit clasice în domeniu, fiind incluse în multe monografii și manuale ce țin de informatica teoretică. Din 1981 a lucrat la IMI, unde a atras la informatică numeroși tineri. Între 1995 și 1997 a fost secretar științific al Secției de Științe Tehnice a AȘM. După 1995 s-a îndreptat spre calculul natural, având numeroase rezultate puternice în DNA computing și membrane computing, singur sau în colaborare cu colegi din Moldova sau din Franța (a avut stagii lungi de cercetare la Metz) – continuând însă și eforturile în vederea depistării de mașini Turing mici.

O lucrare din 2008, pe lângă faptul că are ca autori o parte dintre informaticienii din Chișinău, face și o prezentare a preocupărilor cercetătorilor din IMI AȘM:

Artiom Alhazov, Elena Boian, Liudmila Burtseva, Constantin Ciubotaru, Svetlana Cojocaru, Alexander Colesnicov, Constantin Gaindric, Galina Magariu, Iurie Rogojin, Tatiana Verlan, *Summary of Researches Being Performed in the Institute of Mathematics and Computer Science on Computer Science and Information Technologies, The Computer Science Journal of Moldova*, 16(2), 2008, pp. 298–320.

Directoare a IMI, **Svetlana Cojocaru** (n. 1952) este matematician-informatician. A absolvit Facultatea de Matematică și Cibernetică a Universității de Stat din Moldova, în 1974, și a devenit doctor în științe fizico-matematice la Institutul de Cibernetică din Kiev, Academia de Științe a Ucrainei, în 1982. Ca domenii principale de cercetare (aflăm din prezentarea la primirea Premiului „Acad. C. Sibirschi” pe anul 2005, pentru ciclul de lucrări reunite sub titlul *Aspecte de procesare a limbajului natural cu aplicații în calculul simbolic și cel de înaltă performanță*, de la <http://www.math.md/sibirsky/cojocaruf.shtml>) sunt de menționat: gramatici și limbaje formale, construirea compilatoarelor, programarea paralelă, procesarea limbajului natural, algebra computațională, calcul molecular (în special calcul membranar), interfețe inteligente.



Svetlana Cojocaru

Din 2017, Svetlana Cojocaru este membru corespondent al Academiei de Științe a Moldovei.

Dintre mai tinerii informaticieni care au început activitatea de cercetare la Chișinău, iar ulterior au continuat în alte locuri din lume, menționez doar trei, talentați și productivi, toți trei cu doctorate în afara Moldovei: Serghei Verlan (doctorat la Metz, Franța, cu profesorul Maurice Margenstern: *Systèmes de Head et applications à la bioinformatique*, acum profesor la Departamentul de Informatică al Universității Paris-Est, Créteil, are numeroase rezultate în DNA și membrane computing), Artiom Alhazov (doctorat la Tarragona, Spania: *Communication in Membrane Systems with Symbol Objects*, 2006, stagii de cercetare în Spania, Japonia, China), și Sergiu Ivanov (teza de doctorat susținută în 2015, la Paris-Est, Créteil, *On the Power and Universality of Biologically-inspired Models of Computation*).

Merită subliniat faptul că, de 25 de ani, Institutul de Matematică și Informatică din Chișinău editează *Computer Science Journal of Moldova*, una dintre cele mai vechi reviste de informatică din spațiul românesc.

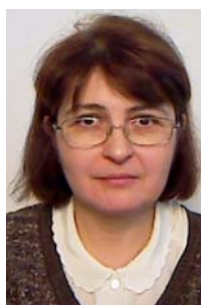
ALTE GRUPURI ȘI AUTORI

Desigur, prin natura programei de învățământ, în toate universitățile din țară unde au existat sau există cursuri de informatică, departamente, catedre sau chiar facultăți (așa cum este cazul Universității „Al.I. Cuza” din Iași), au existat sau există grupuri de cercetare sau cercetători izolați, dedicați, mai mult sau mai puțin, informaticii teoretice și domeniilor conexe, lingvistică matematică și computațională, aplicații (în optimizare, de exemplu), logicii, calculului natural, în special algoritmi genetici/evolutivi și rețele neurale. Au existat asemenea grupuri și autori încă de pe vremea lui Moșil, în special în marile centre universitare, unde s-au construit și calculatoare (București, Timișoara și Cluj), ulterior și la Iași și în alte locuri.

Merită amintit grupul de la Timișoara, cu origini în jurul MECIPT-ului (printre matematicieni, Ștefan Mărușter – analiză numerică, Dan D. Farcaș – doctorat în automate aleatoare cu utilități), dar cu contribuții mai recente în calculul paralel și distribuit, calculul natural, metode numerice, grafică, baze de date, complexitate etc. (**Dana Petcu, Daniela Zaharie, Viorel Negru, Tudor Jebelean** – acum la RISC Linz, Austria, dar asociat în continuare și cu Universitatea de Vest din Timișoara, până la mai tinerii Cosmin Bonchiș și Gabriel Istrate, acesta din urmă venit la Universitatea de Vest din Timișoara după mai mulți ani petrecuți la Institutul de la Santa Fe, Statele Unite, unde a susținut și doctoratul, în 1999, la Rochester University, cu profesorul Mitsunori Ogihara: *Phase Transitions in Combinatorial Search Problems: Towards Rigorous Results*). De remarcat și conferința internațională SYNASC (International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing) organizată de Universitatea de Vest din Timișoara, deja având în 2018 a douăzecea ediție.



Dana Petcu



Daniela Zaharie



Viorel Negru



Tudor Jebelean

La Iași, sub coordonarea profesorului **Călin Ignat**, s-a format un centru de cercetare (Centrul de Calcul al Universității), unde au fost selectați, începând din 1978, cei mai buni absolvenți, printre care Sorin Istrail, Jack Weinstein, Cornelius Croitoru, Neculai Curteanu. În anii 1980, grupul de la Iași organiza Conferința InfoIași, una dintre cele mai reprezentative întâlniri naționale de informatică teoretică. Toate acestea au condus și la înființarea, în 1992, a unicei facultăți de informatică din România.



Călin Ignat



Gabriel Ciobanu

În ultimele decenii, un grup activ a fost constituit la Iași de profesorul **Gabriel Ciobanu**, membru al Academiei Europenei, cu studii doctorale (1990–1994) la Iași și Edinburgh, UK (în grupul profesorului Robin Milner), stagii de cercetare în Japonia, Germania, Italia, Singapore. A publicat mai multe cărți, dintre care unele au fost amintite mai devreme. Alte două titluri de interes sunt B. Aman, G. Ciobanu, *Mobility in Process Calculi and Natural Computing*, Natural Computing Series, Springer, 2011, și A. Alexandru, G. Ciobanu, *Finitely Supported Mathematics. An Introduction*, Springer, 2016, aceasta de pe urmă inovativă și promițătoare prin „noua matematică” pe care o propune pentru științele experimentale. Din 2006 este redactorul-șef al revistei *Scientific Annals of Computer Science*, dedicată explicit informaticii teoretice.

Lista elevilor și colaboratorilor săi este lungă; la cei amintiți până acum se adaugă Mihai Rotaru (MigratoryData), Bogdan Tănasă (Univ. California San Diego), Călin Juravle (Google), Cristian Prisăcariu (Univ. Oslo), Lăcrămioara Aștefănoaei (Fortiss, München), Bogdan Aman, Mihai Gontineac, Dănuț Rusu, Cosmin Bonchiș, Cornel Izbașa, Oana Agrigoroaiei (ultimii doi, în Germania), Armand Rotaru (UC London), Andrei Alexandru, Cristian Văideanu și Eneia Todoran.

Din aceeași generație cu G. Ciobanu, sunt activi la Iași profesorii Gheorghe Grigoraș, Dorel Lucanu (sisteme de rescriere, semantică, logică, model checking), Ferucio Țiplea (rețele Petri, securitate), Cristian Masalagiu (baze de date), Henri Luchian (calcul evolutiv), iar cu o generație înainte au lucrat aici Călin Ignat (analiză numerică), Toader Jucan (limbaje formale), Irinel Drăgan (grafuri, optimizari) și cei amintiți mai devreme, Sorin Istrail și Dan Simovici.

La Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca s-a constituit în 1963 Catedra de Calcul Numeric și Statistic (condusă de prof. D.D. Stancu), iar în 1975 Centrul de Calcul (condus de prof. Gligor Moldovan). Acum există o Facultate de

Matematică–Informatică, unde s-a creat un grup activ de profesori și cercetători (fundamente, sisteme distribuite, inteligență artificială, calcul evolutiv, baze de date, criptografie, bioinformatică etc.): Florian Boian, Militon Frențiu, Gligor Moldovan, Leon Țâmbulea, Bazil Pârv, Anca Andreica, Gabriela și Istvan Czibula, Laura Diosan, Horia F. Pop, **Dumitru Dumitrescu** (1949–2016) și mulți alții.



Dumitru Dumitrescu



Nicolae Țândăreanu

De la Universitatea din Craiova sunt de amintit **Nicolae Țândăreanu** și Alexandru Dincă, după ei Dumitru Bușneag, apoi și mai tinerii Ruxandra și Cătălin Stoean; de la Brașov – Gabriel Orman (autor al mai multor cărți de teoria limbajelor formale); de la Constanța – Dragoș Sburlan (cu doctorat în calculul membranelor la Sevilla, Spania); de la Sibiu – Ioana Moisil; de la Pitești – Luminița State (1948–2016, a lucrat mai întâi la Universitatea din București, interesată în inteligența artificială, statistică, logică, recunoașterea formelor), Tudor Bălănescu (limbaje formale, compilatoare, logică etc.), Florentin Ipate (doctorat la Sheffield, UK, 1995, *Theory of X-machines with Applications in Specification and Testing*, îndrumător profesorul Mike Holcombe, stagii de cercetare în Anglia și China, acum profesor la Facultatea de Matematică din București), plus alți cercetători amintiți mai devreme (Raluca Lefticaru).

Bineînțeles, școlile de lingvistică matematică și de limbaje formale ale profesorului Solomon Marcus au produs multe alte nume, cu precădere în București, dar nu numai, mulți dintre cei care au lucrat sau și-au făcut doctoratul cu/sub conducerea sa fiind acum în multe locuri din țară sau din lume: Șerban Buzeteanu, Vasile Coardoș, Dora Pană, Sorin Ciobotaru, Ion Rădoi, Bogdan Cazimir, Monica Tătărâm, Liviu P. Dinu, Radu Gramatovici, Cristian Kevorkian etc.

O parte dintre cei de mai devreme, plus mulți alți informaticieni au lucrat sau lucrează la ICI (Institutul Central de Informatică, acum Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică), București, interesat în multe domenii, de la scriere de compilatoare la aplicații, dar și cu contribuții la informatica teoretică. Pagina Institutului (<https://www.ici.ro/>) oferă detalii. Îi amintesc aici doar pe Neculai Andrei, Alexandru Balog, Costin Pribeanu, Theodor Popescu, Vasile Sima, Adriana Alexandru, Constanța Zoie Rădulescu, Gabriel Neagu, Florin Hărțescu, Ciprian Dobre, Liviu Badea, Florin Pop, Gabriela Florescu.

O notă specială merită Universitatea Agora din Oradea (dintre informaticieni: **Ioan Dzițac**, Dan Bența), care editează, din 2005, una dintre revistele românești de informatică cu cel mai înalt impact ISI, *International Journal of Computers, Communications, and Control*, iar din 2006 organizează *The International Conference on Computers Communications and Control* (ICCCC). Cotată ISI este și ROMJIST – *Romanian Journal of Information Science and Technology*, editată (din 1998) de secția omonimă a Academiei Române. Serii de informatică au și analele unor universități (București, Iași, Timișoara, Cluj etc.).



Ioan Dzițac

PREMIUL GRIGORE C. MOISIL AL ACADEMIEI ROMÂNE

Acest premiu fost instituit în 1997 și se acordă anual, în colaborare, de către Secția de Matematică și Secția de Știința și Tehnologia Informației⁷ ale Academiei Române. Premiul răsplătește contribuții de informatică teoretică. S-a acordat pentru prima dată în anul 2000, pentru lucrări apărute cu doi ani mai devreme. Laureatii edițiilor de până acum sunt următorii: pentru anul 1998 – Gabriel Ciobanu; 1999 – Neculai Andrei; 2000 – a) Gheorghe Ștefan, b) Daniel Marcu, c) Gheorghe Ștefănescu; 2001 – a) Dan Cristea și Gabriela–Eugenia Dima, b) Virgil Emil Căzănescu; 2002 – a) Boldur-Eugen Bărbat, b) Răzvan Diaconescu; 2003 – a) Florin Stănciulescu, b) Radu Emil Precup și Ștefan Preitl, c) Rodica Ceterchi; 2004 – a) Dorel Lucanu, b) Ciprian Borcea și Ileana Streinu, c) Sergiu Rudeanu și Dragoș Vaida; 2005 – a) Liviu Petrișor Dinu, b) Liviu Badea; 2006 – a) Ion Petre, b) Dumitru Dumitrescu, Chira Camelia, Ruxandra Stoean și Cătălin Stoean; 2007 – a) Radu Gramatovici, b) Irina Alexandra Georgescu; 2008 – a) Ioana Leuștean, b) Rada Mihalcea; 2009 – a) Violeta Leoreanu–Fotea, b) Mariana Rodica Brânzei; 2010 – a) Radu Dobrescu și Dan Alexandru Iordache, b) Adrian Constantin Atanasiu; 2011 – a) Bogdan Aman și Gabriel Ciobanu, b) Rodica Ioana Lung; 2012 – Marius Leordeanu; 2013 – a) Andrei Păun, b) Ion Necoară; 2014 – Radu–Codruț David, Emil M. Petriu și Mircea–Bogdan Rădac; 2015 – nu s-a acordat.

⁷ Secția de Știința și Tehnologia Informației a fost înființată în 1992 de președintele de atunci al Academiei Române, acad. Mihai Drăgănescu. La finalul anului 2017, din secție făceau parte academicienii Florin G. Filip (președinte), Dan Dascălu, Ioan Dumitrache, Gh. Păun, Gheorghe Tecuci, Horia Nicolai Teodorescu, Dan Tufiș, membrii corespondenți Dan Cristea, Mihai Mihăilă, Vasile-Mihai Popov, Gheorghe Ștefan, Mihail Voicu, precum și Marius Guran, membru de onoare din țară, și Constantin Bulucea (SUA), Mihail C. Roco (SUA), Petre Stoica (Suedia) și Radu Popescu Zeletin (Germania), membri de onoare din străinătate. Mulți dintre aceștia au și preocupări de informatică teoretică, dar, preponderentă fiind activitatea de informatică aplicativă sau inginerască, vor fi prezentați mai în detaliu în alte capitole ale volumului.

ÎNCHEIERE

Așa cum s-a spus și la început, această rapidă privire asupra informaticii teoretice românești, de la începuturi („preistorie”) până astăzi, este doar un punct de plecare înspre scrierea unei istorii mai detaliate a domeniului, omițând subiecte, realizări, nume pe care fie nu le-am avut la îndemână la timpul scrierii acestor pagini, fie vor fi, probabil, menționate în alte capitole ale volumului, chiar dacă pot fi considerate și ca aparținând informaticii teoretice. Informații suplimentare pot fi găsite în cărțile menționate până acum sau pot fi căutate pe internet.

În orice caz, pe lângă trăsăturile generale ale informaticii teoretice românești, sintetizate într-o secțiune de început (*Considerații generale*), putem consemna și o apreciere generală privind faptul că informatica românească, la nivel teoretic în primul rând, dar și al produselor software și al aplicațiilor, este cu adevărat o știință puternică, bine dezvoltată, bine plasată în context internațional, cu contribuții și cu personalități care o fac respectată în lume. „Explicația” poate fi găsită în tradiția solidă a matematicii românești, în șansa apariției la momentele potrivite a unor mari personalități, influente și creative, precum Grigore C. Moisil și Solomon Marcus și, poate ar trebui amintit și acest lucru, faptul că, după cum spunea Simion Mehedinți (1868-1962, membru al Academiei Române), „în toate manifestările sale, românul are *ingenium*”; pentru ultimele decenii, de mare ajutor a fost și posibilitatea de informare și de circulație, „diaspora informatică” românească fiind nu numai numeroasă, ci și influentă în multe locuri din lume. Toate acestea ne fac încrezători și în evoluția viitoare a informaticii românești (teoretice).

Despre autor. Gheorghe Păun (n. 1950, în Cicănești, Argeș) a urmat Facultatea de Matematică a Universității din București (1969-1974), a susținut doctoratul în 1977, sub conducerea profesorului Solomon Marcus (cu teza *Mecanisme generative ale proceselor economice*). Burse Alexander von Humboldt la Magdeburg, Germania, și Ramon y Cajal, la Tarragona și Sevilla, Spania, stagii de cercetare în Finlanda, Canada, Japonia, China și în alte țări. Cercetări în teoria limbajelor formale, DNA computing, membrane computing, cercetări operaționale. Peste 500 de articole de specialitate, 11 monografii, peste 100 de volume colective sau numere speciale de reviste editate. Foarte multe citări, în 2003 a fost inclus de ISI în categoria *highly cited researcher*. Membru corespondent al Academiei Române din 1997 și titular din 2012, discurs de recepție (*Căutând calculatoare în celula biologică. După 20 de ani*) susținut în 2014. Membru al Academiei Europei, președinte de onoare al International Membrane Computing Society etc.

Mulțumiri. Multe dintre personalitățile menționate în aceste pagini au adus completări și au făcut îndreptări la o versiune preliminară a textului. Recunoștință tuturor.

DEZVOLTAREA CALCULATOARELOR ÎN ROMÂNIA

NICOLAE ȚĂPUȘ

INTRODUCERE

Trăim într-o perioadă în care echipamentele de calcul și dispozitivele asociate au revoluționat întreaga lume, acestea fiind folosite de fiecare dintre noi în viața de zi cu zi. Este greu să ne imaginăm că putem să ne desfășurăm activitatea cotidiană, de a fi informați, de a discuta cu prietenii și membrii familiei, fără a avea un laptop, o tabletă sau un telefon mobil.

Cererea de echipamente electronice în 2017, în lume, a fost enormă, cca 130 milioane de calculatoare personale, 170 milioane laptop-uri, 230 milioane tablete și 1,3 miliarde telefoane inteligente.

Activitățile de cercetare, învățământ, lucrul colaborativ, producția de bunuri materiale sau culturale, găsesc un sprijin în aceste echipamente moderne și din ce în ce mai performante.

Adevărata dezvoltare tehnologică în domeniul informaticii a avut loc în ultimii 70 de ani, evoluția având o curbă mai mult decât exponențială.

Cu surprindere constatăm că, plecând de la punerea în funcțiune, în 1957, a primului calculator românesc și până astăzi, au trecut doar 60 de ani. Acești 60 de ani reprezintă durata istoriei calculatoarelor la noi în țară. În timp, raportat la istoria lumii este infim, raportat la ceea ce s-a realizat este enorm, impresionant. Dinamica și diversitatea sunt de neegalat. O bună parte din populație a avut privilegiul de a asista la această evoluție.

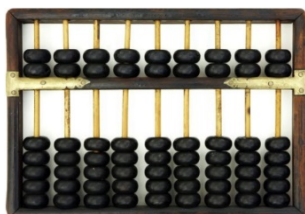
Putem spune că echipamentul de calcul de ieri, astăzi este vechi, iar mâine este istorie.

Pentru a crea o scurtă imagine a elementelor de pionerat în domeniul tehnologiei informației se vor prezenta câteva realizări care au marcat evoluția domeniului. La această evoluție au contribuit în mare măsură vizionarii conceptelor și descoperitorii de noi tehnologii, echipele de cercetare din diverse laboratoare de cercetare, cadre didactice și cercetători din universități iar transpunerea în practică a fost făcută de firmele de specialitate.

Dezvoltarea tehnicii de calcul în România a fost sincronizată cu evoluția pe plan mondial a acestui domeniu, la un moment dat România fiind a opta țară care producea sisteme de calcul, și mulți specialiști români au participat direct sau indirect la această evoluție.

Preocupările și realizările pe plan mondial s-au reflectat în cercetările întreprinse în țara noastră.

PRIMELE DISPOZITIVE DE CALCUL



Abac

calculele la programul Apollo au fost făcute utilizând rigla de calcul. A fost utilizată până în anii 1970 (în 1972, premiul I, la cercul științific studentesc, a constat dintr-o riglă de calcul).



Rigla de calcul

de Gottfried Wilhelm Leibniz și finalizat în 1694.



Mașina Babbage

Mașina analitică este considerată precursor al calculatoarelor digitale moderne. Matematicianul George Boole a publicat, în 1854, cartea *Investigarea legilor gândirii* în care a introdus un concept nou, al logicii cu două valori, care a condus la dezvoltarea algebrei booleene, cea care a stat ulterior la baza științei calculatoarelor.



Gr. Moisil

Dorința omenirii de a face calcule repede și fără greșeli a dăinuit de milenii.

La început s-a descoperit abacul (cca 3000 î. Hr. în Asia). Rigla de calcul a fost inventată în 1620, de Edmund Gunter, în Anglia, principiul de funcționare fiind bazat pe calculul logaritmic inventat de John Napier. Rigla de calcul a fost un instrument util multor generații de ingineri și de profesioniști. O parte din

În timp au fost făcute o mulțime de încercări de mașini mecanice de calculat. Blaise Pascal, în anul 1642, a proiectat primul dispozitiv de calcul mecanic. A urmat „Socotitorul în trepte”, inventat în anul 1672

Un rol foarte important în dezvoltarea și stocarea programelor l-a avut introducerea cartelelor perforate de către Marie Jacquard, în Franța, în anul 1804 utilizate pentru programele războiului de țesut.

În 1834, **Charles Babbage** proiectează primul calculator controlat de instrucțiuni introduse de utilizator (din păcate proiectul nu s-a finalizat) deschizând un drum nou în abordarea dispozitivelor de calcul.

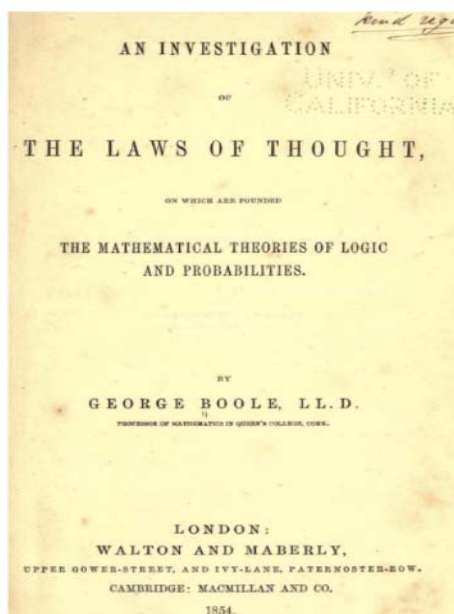
După aproape un secol, în 1938, în teza sa de doctorat, Claude Shannon a făcut legătura între algebra propusă de Boole și dispozitivele folosite în practică. A publicat articolul *Analiza simbolică a releelor și a circuitelor logice*. Releele au stat la baza proiectării și realizării primelor calculatoare.

În România, un rol deosebit în dezvoltarea metodelor de analiză și sinteză a automatelor finite l-a avut profesorul **Grigore Moisil**, care, în 1959, a publicat cartea *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, ce a reprezentat o contribuție valoroasă în domeniul teoriei algebrice.

În România, un rol deosebit în dezvoltarea metodelor de analiză și sinteză a automatelor finite l-a avut profesorul **Grigore Moisil**, care, în 1959, a publicat cartea *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, ce a reprezentat o contribuție valoroasă în domeniul teoriei algebrice.

În România, un rol deosebit în dezvoltarea metodelor de analiză și sinteză a automatelor finite l-a avut profesorul **Grigore Moisil**, care, în 1959, a publicat cartea *Teoria algebrică a mecanismelor automate*, ce a reprezentat o contribuție valoroasă în domeniul teoriei algebrice.

Academicianul Grigore Moisil a primit din partea IEEE Computer Society titlul de Computer Pioneer.



Investigarea legilor gândirii

ECHIPAMENTE ELECTROMECHANICE

Realizarea primelor calculatoare a venit destul de târziu și destul de modest ca performanțe, dar această activitate de pionerat a lansat o avalașă de preocupări și cercetări care au culminat cu ceea ce se produce azi atât din punct de vedere hardware, software și comunicații. Au fost multe încercări de început, unele clasate datorită scopului pentru care erau produse, așa încât este dificil de a stabili cu exactitate momentul apariției calculatoarelor numerice.

Vor fi prezentate pe scurt câteva etape care au marcat momentele inovatoare ce au condus la performanțele tehnologice și aspectul calculatoarelor cu care lucrăm azi.

În 1890, Herman Hollerith, în SUA, realizează o mașină electromecanică de tabulat care avea stocate datele pe cartele perforate, iar în 1896 a fondat compania Tabulating Machine Company, care ulterior a pus bazele companiei IBM.

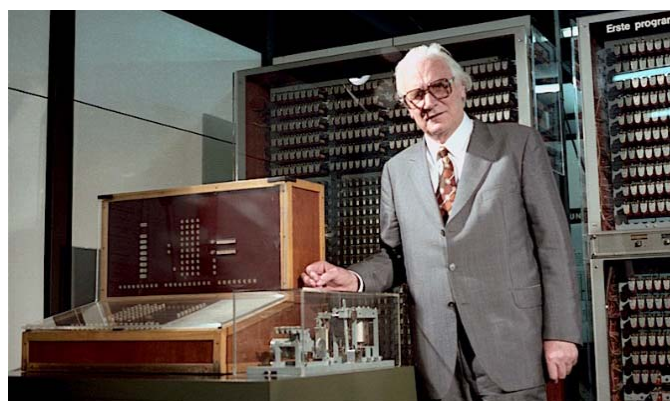
Calculatoarele moderne au la bază un model matematic descris, în 1936, de **Alan Turing**, care stabilește principiile de bază privind funcționarea



A. Turing

unei mașini de calcul programabile. Conceptul mașinii Turing este un concept de bază pentru știința calculatoarelor. Un rol deosebit l-a avut Claude Shannon, care a arătat că funcțiile din algebra booleană sunt implementabile cu ajutorul circuitelor logice. John von Neumann a avut meritul de crea arhitectura care îi poartă numele – arhitectura von Neumann. Arhitectura propusă reprezintă o schemă structurală de bază a calculatoarelor moderne, în care datele și instrucțiunile sunt în aceeași memorie și sunt reprezentate binar. Majoritatea calculatoarelor moderne implementează arhitectura von Neumann și modelul mașinii Turing.

Konrad Zuse a inventat primul calculator binar electromecanic din lume, Z1, în Berlin, în perioada 1936–1938. Acesta este considerat a fi primul calculator electromecanic, programabil binar. După aceea, a continuat să dezvolte trei modele electronice îmbunătățite înainte de 1949. În 1941 a fost construit calculatorul Z3 care este considerat primul calculator digital de uz general din lume. A fost realizat complet din relee electromecanice (cca 2400). Lucra în binar cu numere în virgula fixă și virgulă mobilă pe 22 biți având o frecvență de tact de 5–10 Hz. Instrucțiunile au fost stocate pe bandă externă, permițându-i să funcționeze ca un sistem complet controlat de program.



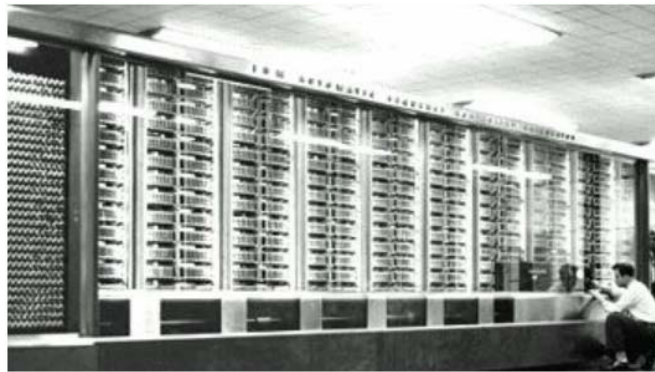
Konrad Zuse – Z3

În 1942, profesorul **John Vincet Atanasoff**, împreună cu **Cliff Berry**, de la Universitatea IOWA, au creat sistemul ABC (Atanasoff-Berry Computer). Reprezentarea binară a datelor era pe 50 biți în virgula fixă, efectua 30 de adunări / scăderi pe secundă și cel mai important aspect a fost utilizarea principiului arhitectural propus de Von Neumann care a separat memoria de partea computațională. Memoria, pe bază de condensatori, era regenerabilă, funcționa cu un tact la frecvența rețelei de alimentare.

În 1937, Howard Aiken a propus o mașină automată de calcul iar IBM și Harvard au fost de acord să o construiască. Calculatorul lui Aiken „Harvard Mark I” produs de IBM sub denumirea ASCC „Automatic Sequence Controlled Calculator” a ajutat la proiectarea bombei atomice americane. Au urmat versiuni mai sofisticate Mark II, III și IV.



Calculatorul ABC – Atanasoff-Berry Computer.



Calculatorul ASCC - Automatic Sequence Controlled Calculator.

Calculatorul numeric complex (CNC), creat de George Sibitz de la Bell Labs, în anul 1940, a fost realizat cu relee și era capabil să calculeze cu numere complexe. Este primul calculator care a fost utilizat de la distanță prin intermediul unei linii telefonice între Dartmouth și Bell Labs din New York, de la un echipament de intrare/iesire de tip *Teletype*.



Teletype

SISTEME CU TUBURI ELECTRONICE

Visul omenirii de a avea mașini de calcul, a fost posibil odată cu inventarea diodei, în 1904, de către fizicianul englez John Ambrose Fleming, urmat în 1906 de Lee de Forest care a proiectat triode. Acest moment poate fi considerat începutul electronicii. După experiențele unor calculatoare cu relee electromecanice au urmat calculatoarele cu tuburi electronice.



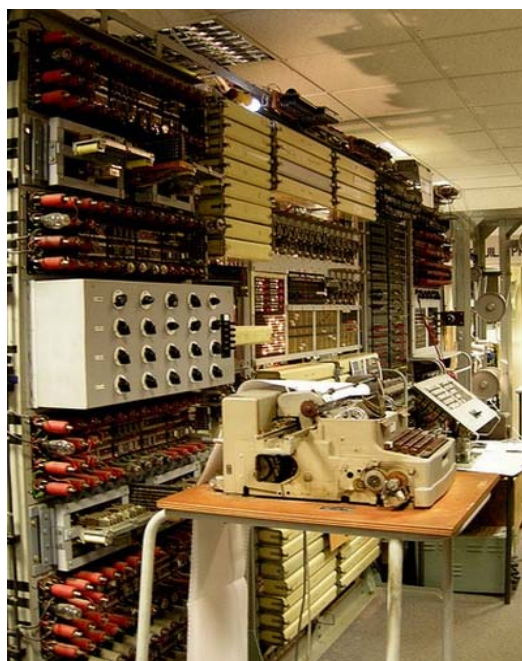
Trioda

În 1943, a fost proiectat calculatorul Colossus, în laboratoarele Post Office Research din Dollis Hill, Londra, de Maxwell Newman și construit, de o echipă condusă de Tommy Flowers, în Școala de Cifruri de la Bletchley Park. Calculatorul Colossus poate fi considerat primul calculator programabil implementat cu tuburi

electronice. Sistemul nu a fost o mașină Turing-completă, deși primea datele de intrare pe bandă de hârtie și era configurat să efectueze diferite operații booleane.

Calculatorul Colossus Mark II citea până la 25 000 de caractere pe secundă, fiind de cinci ori mai rapid decât predecesorul său Mark I.

A fost realizat pentru scopuri militare, pentru a descifra mesajele germane criptate în timpul războiului și de aceea a fost secret, iar existența lui nu a fost confirmată decât după încheierea războiului. Acesta este motivul pentru care nu a apărut în multe istorii ale calculatoarelor.



Colossus Mark II.

Una din realizările de referință este calculatorul ENIAC (**E**lectronic **N**umerical **I**ntegrator and **C**alculator), construit la Universitatea din Pennsylvania în perioada 1943–1946 de către o echipă condusă de J. Presper Eckert și John Mauchly. De remarcat faptul că la sărbătorirea a 50 de ani de la realizarea calculatului ENIAC, profesorul Jan Van der Spiege cu o echipă de studenți a creat replica într-un singur circuit integrat. A fost realizat cu un număr de 18 000 de tuburi electronice, 500 000 de îmbinări sudate cu 70 000 rezistori, 10 000 de condensatori. Pentru alimentare, ENIAC a avut linii electrice proprii și a utilizat 150 kilowați energie electrică.

Principiile folosite în ENIAC au fost bazate pe cele de la calculatorul ABC. Printr-o hotărâre judecătorească din SUA, din 1973, calculatorul Atanasoff-Berry a fost declarat primul calculator modern din lume. Prima contribuție a calculatului ENIAC, dincolo de capacitatea sa operațională, a fost că a dovedit că se pot construi calculatoare și a fost faptul că succesul lui Mauchly și Eckert i-a inspirat

pe alții să construiască calculatoare îmbunătățite. Ca urmare, pe parcursul anilor, computerele au fost dezvoltate pentru a fi mai mici, mai capabile și mai accesibile.



Calculatorul ENIAC realizat cu tuburi electronice.

Ulterior, Eckert și Mauchly au realizat primul calculator comercial UNIVAC (Universal Automatic Computer) cu tuburi electronice și programe stocate în memorie. A fost primul calculator care era echipat cu o unitate de bandă magnetică și a fost primul care folosea memoria tampon. Conținea 5 600 tuburi, 18 000 de diode cristaline și 300 de relee. A folosit circuite seriale, o rată de biți de 2,25 MHz și o capacitate de stocare internă de 1 000 de cuvinte sau 12 000 de caractere. Viteza de procesare raportată a fost de 0,525 milisecunde pentru funcțiile aritmetice, 2,15 milisecunde pentru multiplicare și 3,9 milisecunde pentru împărțire, ceea ce reprezenta o performanță pentru acea perioadă.



Calculatorul comercial UNIVAC.

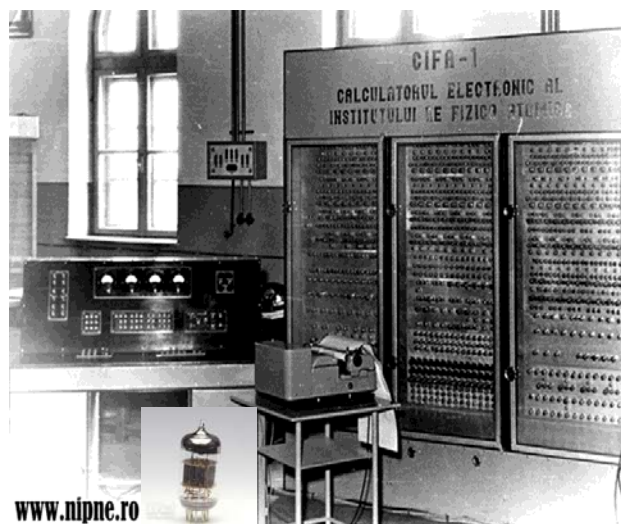
CIFA (CALCULATORUL INSTITUTULUI DE FIZICĂ ATOMICĂ – 1957)



V. Toma

Calculatorul Institutului de Fizică Atomică (CIFA1) reprezintă primul calculator electronic proiectat și realizat în România. Calculatorul a fost proiectat de o echipă de cercetători de la Institutului de Fizică Atomică, îndrumată de **Victor Toma**, în cadrul Secției de electronică condusă de acad. Tudor Tănăsescu. Prima prezentare a calculatoarului CIFA 1 a avut loc la Dresda în 1955. Calculatorul a devenit funcțional în anul 1957. [CIFA1, CIFA2, CIFA 3]

Implementarea s-a făcut utilizând tuburi electronice (cca 1500) care reprezenta tehnologia disponibilă din acea vreme. Avea o arhitectură pe 32 de biți. Unitatea de control implementa un număr de 16 instrucțiuni care efectua operații matematice elementare, a unor operanzi de 9 cifre și efectua 50 de operații pe secundă. Memoria era pe tambur magnetic și conținea 512 cuvinte a 4 biți. Pentru operațiile de citire/scriere, tamburul se rotea cu o viteză de 3 000 de rotații/min. Programarea se făcea în cod mașină (binar). Ca echipamente de intrare/ieșire, dispunea de un cititor de bandă perforate, cu o viteză de 900 caractere/minut și de o mașină de scris, cu o viteză de 480 caractere /minut. Puterea consumată era de cca 4–5 KW. CIFA1 a funcționat timp de doi ani câte două ore pe zi.



Primul calculator românesc CIFA 1.

În acea perioadă, România a fost între primele 8 țări din lume care au realizat un calculator electronic și a doua dintre țările CAER. Industria de profil din România a avut fabricație proprie. România a fost printre primele zece țări din lume care au produs calculatoare.

Experiența CIFA1 a fost extinsă cu noi modele CIFA-2 în 1959; CIFA-3 – în anul 1960. Victor Toma, bazat pe experiența calculatorului CIFA-3, în cadrul Acordului dintre Academia Română și Academia de Științe Bulgară, a proiectat în anii 1962–1963, calculatorul VITOSHA.

Echipa sub îndrumarea lui Armand Segal a proiectat și realizat calculatoarele CIFA-101 (1962) și CIFA 102 (1964), la Institutul de Fizică Atomică, calculatoare cu caracteristici mai performante (memorie de 4K cuvinte a 4 biți).

MECIPT (MAȘINA ELECTRONICĂ DE ÇALCUL A INSTITUTULUI POLITEHNIC TIMIȘOARA)

MECIPT-1 a fost proiectat și realizat la Institutul Politehnic din Timișoara, în anul 1961. Calculatorul era realizat cu tuburi electronice și a reprezentat primul calculator electronic construit în mediul universitar. Calculatorul a fost proiectat de **Iosif Kaufmann** și **Wiliam Lovenfeld**, iar din echipă au făcut parte Dan Farcaș, **Baltac Vasile**, Ionel Munteanu, Iosif Hartmann, Gavril Gavrilescu, Alexandru Ciortaș. Ulterior s-au adăugat colectivului Victor Megheșan, Mircea Fildan, Ioan Naforniță, Ilie Oprea, Ion Mihăescu, ș.a. [*MECIPT 1, MECIPT 2 MECIPT 3*].



I. Kaufmann



W. Lovenfeld



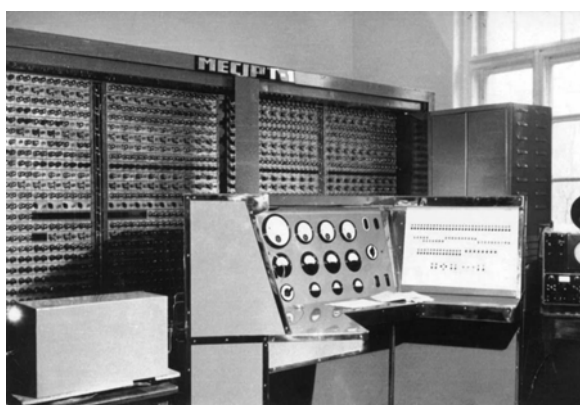
V. Baltac

Unitatea de prelucrare executa 50 de operații pe secundă în virgulă fixă, interpreta 32 de instrucțiuni și adresa o memorie de 1k cuvinte. Setul de instrucțiuni cuprindea 32 de instrucțiuni, iar partea de adresă era pe 10 biți, ceea ce asigura o adresare de 1K cuvinte. Numerele în virgulă mobilă se reprezentau utilizând două adrese consecutive, mantisa în formă normalizată, respectiv exponentul. Memoria era implementată pe un tambur magnetic de capacitate 1K cuvinte a 31 de biți fiecare. Viteza de rotație a tamburului era de 50 rot/s. Pentru reprezentarea numerelor se utiliza complementul față de unu.

Inițial s-a programat în cod mașină și ulterior a fost scris un translator pentru limbajul de asamblare.

Tehnologic, calculatorul conținea 2 000 de tuburi electronice, 20 000 de rezistoare și condensatoare. Puterea consumată era de cca. 10 kW. Registrele calculatorului erau formate din porți logice și bistabili realizate cu triode. Pupitrul de comandă permitea efectuarea programelor pas cu pas, oferea accesul la conținutul registrelor și indicatorilor prin intermediul unor becuțe și comutatoare.

Dispunea de cititor de bandă perforată și o mașină de scris pentru imprimarea rezultatelor. MECIPT-1 a fost utilizat în diverse proiecte industriale dintre care sunt de menționat calculele pentru barajul Vidraru și reproiectarea cupolei de la Romexpo.



Calculatorul MECIPT-1.

MECIPT-2 a fost realizat, sub îndrumarea lui Baltac Vasile, în anul 1963. Reprezintă un calculator din generația a doua care utilizează tranzistori și memoria cu inele de ferită. A fost utilizat pentru aplicații CAD. Memoria principală, de capacitate 4 K cuvinte, era pe un tambur cu ferite. Viteza de calcul era de 10 000 de operații/secundă. MECIPT-3, a fost realizat în 1965, complet tranzistorizat. A fost realizat utilizând 10 000 de tranzistori, iar memoria principală era implementată cu ferite, și avea o capacitate de 4 K cuvinte a 38 biți fiecare. Dispunea de un cititor de bandă perforată, o mașină de scris și o imprimantă.

DACICC-1 (DISPOZITIV AUTOMAT DE CALCUL AL INSTITUTULUI DE CALCUL CLUJ 1963)

Calculatorul DACICC-1 a fost conceput și realizat la Institutul de Calcul Cluj (filiala din Cluj-Napoca a Academiei Române) între anii 1959–1963 la inițiativa acad. Tiberiu Popoviciu. Realizarea calculatorului a fost condusă de Manfred Rosmann, iar după aceea de ing. **Gheorghe Farkas**. Echipa de proiectare și implementare a fost formată din inginerii Bruno Azzola, **Mircea Bocu** și Iolanda Juhasz, iar sistemele de programe au fost dezvoltate de matematicienii **Emil Muntean**, Liviu Negrescu și Teodor Rus. [DACICC 1, DACICC 2, DACICC 3]



G. Farkaș



M. Bocu



E. Muntean

Realizarea acestui calculator s-a bazat pe experiența obținută în cadrul proiectării și implementării calculatorului experimental MARICA, construit în 1959.

Pe lângă tuburile electronice trebuie menționat faptul că a avut în componență tranzistoare, fiind pentru prima dată utilizate în cadrul unui calculator în România. De asemenea, s-au utilizat pentru prima dată la un calculator românesc inele de ferită pentru memoria internă. Memoria internă era realizată pe inele de ferită și conținea 1 024 celule de 36 de biți, ciclul de lucru fiind de 17 microsecunde. Memoria externă era pe tambur magnetic cu 32 de capete de citire-scriere și conținea 2 048 celule cu un timp de acces mediu de 12 ms.



Calculatorul DACICC 1 cu tuburi electronice, tranzistoare și memorie pe ferită.

Majoritatea elementelor utilizate în realizarea calculatorului se fabricau în țară.

Dispozitivul de comandă – era organizat sub forma unei matrice și interpreta un număr de 32 de instrucțiuni (avea alocați 5 biți pentru codul operației) și adresa 1 K cuvinte de memorie (avea alocați 10 biți pentru adresă). Lucra în binar în virgulă

fixă. Efectua 2 000 adunări pe secundă având frecvența de tact de 100 kHz. Precizia de prelucrare era de 9 cifre zecimale. Dispunea de un lector de bandă perforată cu citire mecanică (6 caractere/sec) și unul cu citire fotoelectrică (1 000 caractere/sec). Rezultatele erau tipărite la o mașină de scris sau perforate pe bandă de hârtie.

Este considerat primul calculator românesc care folosea tranzistoare și primul calculator românesc care avea memoria internă realizată cu ferite.

MAC1 (MAȘINĂ ANALOGICĂ DE CALCUL 1 – 1965)

Colectivul care a proiectat și implementat MAC1, în 1965, a fost format din: **Adrian Petrescu**, coordonator, **Petre Dimo** și **Ivan Sipos**. Ulterior s-a alăturat, pentru partea de implementarea sursei de alimentare, Mihai Ceapăru. [MAC1 1, MAC1 2, MAC1 3, MAC1 4]

Calculatoarele numerice erau la început și, datorită resurselor limitate, anumite aplicații se rezolvau mai eficient pe calculatoare analogice.

În acea perioadă erau preocupări de realizare a unor calculatoare analogice la Catedra de Automatizări, la Catedra de Tuburi și Circuite Electronice din Institutul Politehnic din București, la Institutul de Energetică al Academiei Române și în cadrul Academiei Tehnice Militare.

În perioada respectivă, la Institutul de Energetică al Academiei, era funcțional calculatorul MECAN, realizat de către un grup de cercetători condus de Vasile Mihai Popov, membru corespondent al Academiei Române.

Calculatorul analogic MAC1 a fost realizat la Catedra de Automatizări din Institutul Politehnic din București și utilizat o bună perioadă de timp în procesul de învățământ și în cercetare. A fost utilizat pentru rezolvarea unor probleme care impuneau rezolvarea unor sisteme de ecuații diferențiale liniare și neliniare.



Calculatorul analogic MAC 1.

MAC1 a fost realizat cu tuburi electronice, dispunea de amplificatoare operaționale. Conținea un panou de programare, un sistem de comandă, echipamente de vizualizare măsurare și înregistrare, sursa de alimentare.

SISTEME CU TRANZISTOARE

Se construiesc noi și noi modele de calculatoare, care au ținut pasul cu invențiile revoluționare ale electronicii: tranzistorul (1947) și circuitul integrat (1957). Aceste noi tehnologii aveau dimensiuni din ce în ce mai mici, aveau fiabilitate din ce în ce mai mare și dispuneau de moduri de a interacționa cu omul cât mai facile.



Diverse tipuri de tranzistoare.

Tranzistorul a fost dezvoltat de către **John Bardeen**, **Walter Brattain** și **William Shockley**, în laboratoarele Bell în 1947–1948, ca înlocuitor al tuburilor electronice în electronica de comutație. William Shockley se preocupa de tranzistorul unipolar, iar John Bardeen și Walter Brattain de tranzistorul bipolar. Pentru această realizare, care a revoluționat domeniul electronicii, John Bardeen împreună cu William Shockley și Walter Brattain au primit Premiul Nobel pentru fizică în anul 1956.



William Shockley

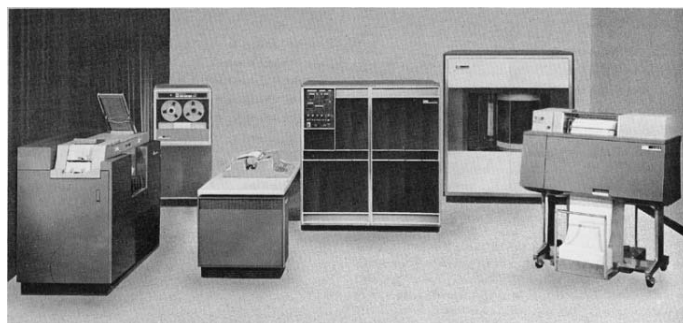


John Bardeen



Walter Brattain

Primele calculatoare produse pe scară largă utilizând noile tehnologii au fost calculatoarele din familia IBM. Sistemul de calcul IBM 1401, realizat în 1959, a fost primul calculator cu tranzistoare produs în serie mare. Au fost instalate peste 18 000 de exemplare. Memoria principală era de 16 KB. IBM 1401 a avut o arhitectură unică, care lucra în BCD (binar codificat zecimal), cu lungime variabilă, cu până la 16KB de memorie de bază. Ca echipamente periferice dispunea de o consolă, o imprimantă de linie de mare viteză, un cititor de cartele perforate, până la șase unități de bandă magnetică și chiar un sistem de hard disk.



Sistemul de calcul IBM 1401.

În 1965, jumătate din toate calculatoarele instalate în lume erau din familia 1401, producând o întreagă generație de programatori care au învățat pe aceste mașini. Universitatea Politehnica din București, în cadrul unui proiect PNUD a beneficiat în 1973 de un sistem IBM1401.

CET 500. CALCULATORUL ELECTRONIC TRANZISTORIZAT (1964–1966)



Calculatorul CET 500.

CET 500 s-a realizat la Institutul de Fizică Atomică din București în 1964, de o echipă condusă de **Victor Toma**.

Este primul calculator complet tranzistorizat. A fost fabricat pentru rezolvarea unor probleme ale unor obiective industriale. [*CET500 1, CET500 2, CET500 3*]

Unitatea centrală implementa 32 de instrucțiuni, lungimea cuvântului fiind de 37 biți. Conținea circa 2 700 tranzistoare, 1 900 diode semiconductoare, iar memoria internă de capacitate 1 K cuvinte a 37 biți fiecare era implementată cu inele de ferite și lucra de 5 k instrucțiuni/s.

Echipamente periferice erau: un lector de bandă perforată (100 caractere/s), o mașină de scris (8 caractere/s) și o imprimantă (160 caractere/s).

Programarea calculatorului era în cod mașină.

CET 501 a fost produs în anul 1966 și avea performanțe îmbunătățite față de CET 500 în ceea ce privește viteza de lucru, capacitatea memoriei principale, setul de instrucțiuni și echipamentele periferice. Arhitectura era pe 32 de biți, iar unitatea centrală de prelucrare implementa 64 de instrucțiuni și asigura o viteză de lucru de 12 K instrucțiuni pe secundă. Conținea cca 4 000 tranzistoare și 3 000 diode semiconductoare iar memoria internă era realizată cu inele de ferită de capacitate: 1 K cuvinte a 37 biți fiecare cuvânt.

Echipamentele periferice disponibile erau: un cititor de bandă perforată (300 caractere/s), o mașină de scris (8 caractere/s) și o imprimantă (160 caractere/s).

Calculatoarele au fost utilizate pentru calcule tehnico-ingenerești și erau destinate în rezolvarea problemelor din obiective de mare importanță. Un rol important l-a avut lucrarea intitulată *Colecție de programe pentru calculatorul CET-500*, publicată în Editura Academiei (1967), prefațată de către acad. Miron Nicolescu. Lucrarea conținea 850 de pagini, a fost elaborată de către 41 de autori și prezintă rezolvarea unor probleme specifice din 15 domenii.

DACICC-200 (DISPOZITIV AUTOMAT DE CALCUL AL INSTITUTULUI DE CALCUL CLUJ –1968)

Calculatorul DACICC 200 a fost proiectat și realizat în cadrul Institutului de Calcul (Filiala din Cluj-Napoca a Academiei Române) între anii 1964–1968. Echipa care l-a proiectat și realizat a fost condusă de **Mircea Bocu și Gheorghe Farkaș**. Din echipa hardware au făcut parte Bruno Azzola, Daniel Beloiu, Juhasz Iolanda, Tudor Mureșan, Mihai Mușteanu, Mircea Pătru, Petre Soreanu, Dan Cigmăian și Mircea Corpadea. Echipa de software a fost condusă de **Emil Muntean** și Teodor Rus, și reunea specialiștii: Liviu Negrescu, Ștefan Nițchi, Stein Hannes, Werner Schuster, Stela Laslău-Popescu și Mircu Mitrov. [DACICC200 1, DACICC200 2, DACICC200 3]



Gheorghe Farkaș și Mircea Bocu – DACICC 200.

A fost un calculator complet tranzistorizat care lucra cu virgulă fixă și mobilă. Unitatea aritmetică în virgulă mobilă era cablată hard. Reprezentarea numerelor era realizată în cod complementar. Unitatea de comandă interpreta 78 instrucțiuni și asigura suprapunerea fazei de citire interpretare a instrucțiunii următoare cu cea de execuție a instrucțiunii curente iar memoria asigura simultaneitatea funcțională a blocurilor de memorie. Unitatea centrală de prelucrare asigura viteza de 200 000 de operații/secundă.

Calculatorul dispunea de un sistem de întreruperi prioritare, posibilitatea de adresare relativă ce permitea alocări dinamice, asigurând astfel mecanismul primar pentru multitasking.

Memoria internă a fost concepută modular, cu blocuri de câte 4 096 adrese, capacitate maximă 8 blocuri ceea ce conducea la o memorie totală de 32 K. Memoria era realizată cu inele de ferită, cu timp de acces 1,5 μ s și iar ciclul de citire/scriere

era de 1 4 μ s. Lungimea unui cuvânt de memorie era de 24 de biți. Pentru reprezentarea numerelor în virgulă mobilă se utilizau două adrese consecutive de memorie.

Au fost dezvoltate o serie de programe. Dintre cele mai importante amintim: asamblorul realizat de Teodor Rus, Stein Hannes și Viorel Costea; monitorul realizat de Emil Muntean și Stefan Nițchi; compilatorul FORTRAN-2 realizat de Liviu Negrescu, programul MOL (Machine Oriented Language) realizat de Werner Schuster; Sistemul de programe al calculatorului DACICC-200 conținea un monitor care realiza gestiunea perifericelor, tratarea întreruperilor, precum și gestiunea regimului de lucru multitasking.

CETA (CALCULATOR ELECTRONIC TRANZISTORIZAT AUTOMATIZAT – 1972)

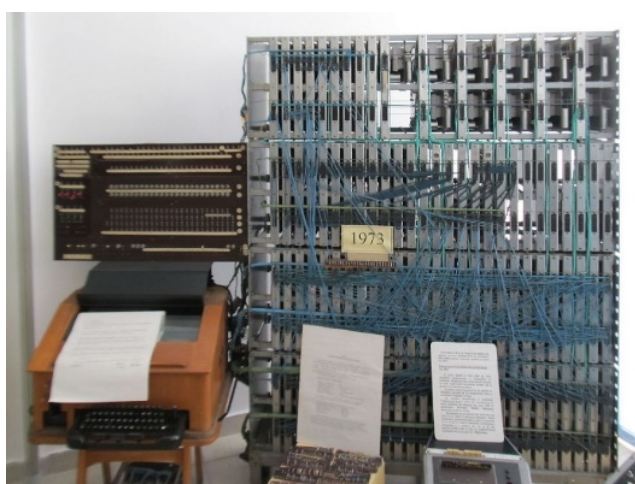


A. Rogojan

În anul 1972, **Alexandru Rogojan** a realizat calculatorul CETA în cadrul catedrei de Calculatoare din Institutul Politehnic din Timișoara. Din colectivul condus de Alexandru Rogojan au făcut parte: Crișan Strugaru, Aurel Soceneanțu, Mircea Vladuțiu, Constantin Nanasi. [CETA 1, CETA 2, CETA 3]

Calculatorul CETA a fost proiectat și realizat utilizând tehnologia modernă pentru a cea perioadă, tranzistorii. A fost utilizat în scopuri didactice, de către studenții de la noua secție de calculatoare. De menționat faptul că în 1966 reprezenta prima secție din România cu specializarea Calculatoare Electronice.

Calculatorul CETA a fost realizat cu circuite logice concepute sub formă modulară.



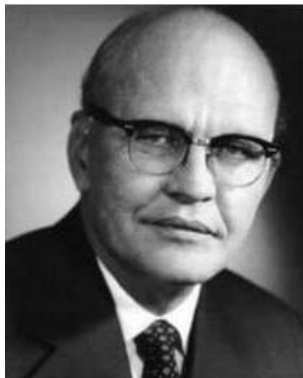
Calculatorul CETA.

Caracteristicile generale ale calculatorului erau: unitatea centrală de prelucrare ce implementa 56 de instrucțiuni, memoria era de 256 cuvinte a 24 biți fiecare, cu un ciclu de 7,5 μ s iar timpul mediu de acces de 3 μ s. Echipamentele de intrare/iesire erau: un cititor de bandă perforată și un tele-imprimator care printa rezultatele.

La realizarea calculatorului CETA s-au utilizat cca 5 680 tranzistoare, cca 30 000 diode, 12 920 rezistoare, 4 510 condensatoare.

SISTEME CU CIRCUITE INTEGRATE

În 1959, **Jack St Clair Kilby** de la Texas Instruments reușește să pună mai mulți tranzistori pe același material (denumit substrat) și să-i conecteze fără fire. Astfel s-a născut primul circuit integrat, iar circuitul este cunoscut și sub denumirea de „cip”. La o jumătate de an după Kilby, **Robert Noyce** de la „Fairchild Semiconductor” a venit cu propria idee a unui circuit integrat care rezolva multe probleme practice pe care Kilby nu le rezolva. Circuitul a fost fabricat din siliciu, spre deosebire de cipul lui Kilby care era din germaniu. Tehnologia utilizată este cea care s-a folosit pentru producție de serie. Kilby și Noyce sunt considerați co-inventatori ai circuitului integrat. Clair Kilby a primit premiul Nobel pentru fizică în anul 2000. În 1968, Robert Noyce și Gordon Moore au fondat Intel, care a devenit unul dintre cei mai mari producători de microcipuri din lume.



Jack Kilby



Robert Noyce

Primele calculatoare care au folosit circuite integrate au fost cele din familia IBM 360/370/390 care au adus importante contribuții arhitecturale și tehnologice. A fost pentru prima dată în istorie când a fost anunțată, la un moment dat, o linie completă de calculatoare. Dintre contribuțiile dezvoltate, în cadrul acestei familii de calculatoare amintim suportul pentru memorie virtuală, memorie cache (în 1969), primul procesor pipeline, adresare până la 64 MB memorie RAM (în 1979 prețul memoriei era de \$75,000/MB), canale de intrare/ieșire cuplate pe fibră optică, sistem de operare pe disk DOS /360 și sistem de operare TSS (Time Sharing Multi-user Systems).



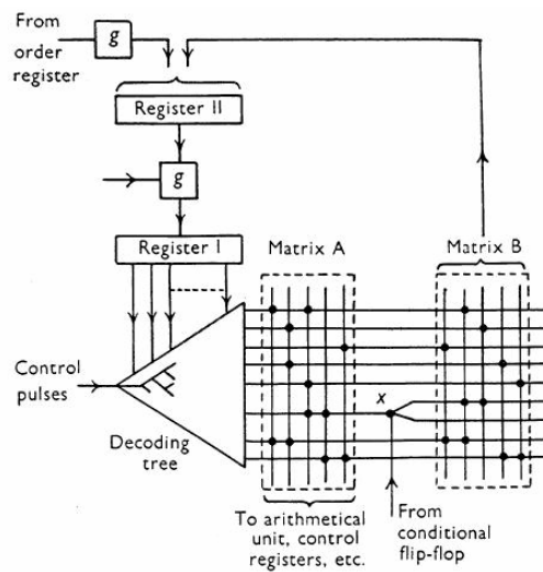
Consola IBM 360 /195.



G. Samachisă

Apare necesitatea descrierii formale a problemelor după reguli bine definite, apar limbajele de programare: FORTRAN în 1957, COBOL în 1959, BASIC în 1964, C în 1969, PASCAL în 1970 cu compilatoarele sau interpretoarele aferente.

O contribuție la proiectarea circuitelor de memorie permanentă a avut-o profesorul **George Samachisă** de la Universitatea „Politehnica” din București, care a avut un rol important la fondarea firmei SanDisk și a fost cel care a condus echipa care a proiectat circuitul integrat de memorie „split gate flash memory”



În 1951, **Maurice Wilkes** a scris prima lucrare care a descris microprogramarea, un termen pe care l-a inventat pentru a descrie modul în care programul stocat ar putea fi folosit pentru a executa operațiile elementare ale unității de comandă. Ideea de microprogramare a fost inspirată de la sistemul MIT Whirlwing care dispunea de memorie de control realizată cu o matrice de diode. Ideea a fost testată, ca premieră, în 1957 pe mașina de calcul EDSAC. Primul calculator microprogramat la scară mare a fost EDSAC 2, care a devenit operațional în 1958. Exemplul de succes al EDSAC 2 a inspirat IBM să-și facă unitatea de comandă microprogramată la familia de calculatoare IBM 360.



M. Wilkes

FELIX C-256

Ca urmare a strategiei naționale de dotare cu echipamente de calcul, în anul 1970 s-a cumpărat licența de fabricație în România a calculatorului IRIS 50 și astfel a început producția calculatorului FELIX C-256. Primele exemplare au fost fabricate la FEA – Fabrica de Elemente de Automatizare și apoi la FCE – Fabrica de Calculatoare Electronice, care avea licența de fabricație. România a obținut licențe pentru calculator și pentru tehnologia de circuite imprimate, iar la ITC s-a realizat partea de proiectare tehnologică. Calculatorul era construit cu module specializate, realizate cu circuite integrate iar interconexiunea între module se făcea utilizând tehnologia *wire-wrapping* (fire de sârmă răsucită pe pinul de legătură).



Calculatorul FELIX C-512.

Arhitectura sistemului era organizată pe 32 de biți. Memoria a fost implementată utilizând inele de ferite și avea capacitatea de 256 KB, adresarea fiind relativă la segmente de 64 kB. Unitatea centrală de prelucrare dispunea de un set de 16 registre generale cu organizare ortogonală (nu erau registre cu funcționalitate specializată).

Unitatea aritmetică logică executa operații cu numere întregi în virgulă fixă, în virgulă mobilă simplă și dublă precizie și de asemenea lucra cu numere în format BCD.



Tehnologii utilizate în FELIX C-512.

Lucrul cu echipamentele periferice se făcea prin intermediul unei Unități de Schimburi Multiple, care permitea interacțiunea prin transfer programat sau prin acces direct la memorie. La FELIX 256 se puteau conecta echipamente periferice disponibile în acea perioadă: cititor de cartele perforate, lector de bandă perforată, bandă magnetică, disc amovibil și imprimantă. Consola de operare a sistemului era de tip mașină de scris cu ribon. Programarea se făcea în limbaj de asamblare ASSIRIS, FORTRAN și COBOL. Sistemul de operare SIRIS controla resursele și permitea multi-programarea cu maxim trei partiții de memorie.

În perioada 1974–1975, patru unități au fost vândute în China, dar a fost exportat și în Ungaria.

Câțiva ani mai târziu s-a proiectat FELIX C-512, și FELIX 1024, care dispuneau de 512 kB respectiv 1 024 kB de memorie. Primele centre de calcul au fost dotate cu aceste tipuri de calculatoare.

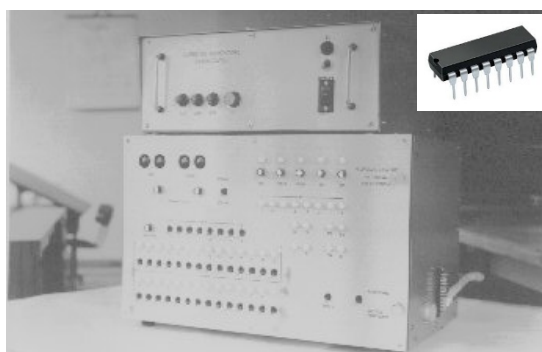
Pe baza aceleiași tehnologii a fost proiectat la ITC și realizat calculatorul FELIX C-32 și Felix C-32P, un calculator mai mic cu memoria de 32KB, cu interfață de proces. Un calculator FELIX C-32P a fost pus în funcțiune de către ISPE București, în 1976, pentru supravegherea unui bloc de 330MW la CTE Brăila.

Odată cu înființarea în anul 1973 a fabricii RomControlData (RCD) s-au fabricat discuri amovibile de 40MB, benzi magnetice, imprimante. Conectarea acestor echipamente periferice a condus la creșterea competitivității calculatoarelor FELIX.

MICROCALCULATORUL MC1 (1973)

Microcalculatorul MC1 a fost proiectat în 1972–1973, de prof. **Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa**, în cadrul unui contract de cercetare cu ICEMENERG, responsabil Constantin Berbece. Era destinat pentru implementarea achiziției și prelucrarea primară a datelor în stațiile de distribuție a energiei electrice. [*MC1 1, MC1 2, MC1 3*]

Microcalculatorul MC1 a fost realizat utilizând tehnologia FELIX C 256, mai multe plachete interschimbabile, sub forma a două module.



Microcalculatorul MC1.

Microcalculatorul conținea: Unitatea Aritmetică Logică, Unitatea de Comandă Microprogramată, Memoria, Unitatea de Intrare/Ieșire.

Memoria de control ROM pentru unitatea de comandă microprogramată era realizată cu diode semiconductoare.

Datele, privind energia consumată erau colectate la intervale de scanare de 5 s prin intermediul a 16 canale. Microcalculatorul realiza o prelucrare primară a datelor și la fiecare 15 minute rezultatele curente erau transferate pe bandă de hârtie. De menționat faptul că operațiile de prelucrare primară a datelor se suprapuneau cu activitate de culegere date. Fișierul rezultat stocat pe banda perforată era prelucrat off line pe un sistem FELIX C-256.

Ciclul de execuție a unei microinstrucțiuni are 4 perioade de ceas. Ceasul sistemului lucra la frecvența de 1MHz.

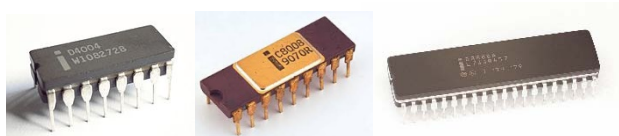
Panoul de comandă asigura interfața cu utilizatorul prin intermediul unor comutatoare și becuțe de semnalizare. În acest fel se avea acces direct la nivel de microinstrucțiune iar execuția microprogramului respectiv a aplicației putea fi urmărită și controlată pas cu pas. Pe panoul frontal era afișat și ceasul de timp real cu ajutorul unor tuburi NIXIE.

Ținând seama că aplicația era specializată și că sistemul era microprogramat, algoritmi au fost implementați direct în microprogram. Astfel, operațiile necesare prelucrării datelor au fost implementate direct în microprogram. Această implementare,

direct în unitatea de comandă, a algoritmilor de prelucrare, a condus la performanțe deosebite ale aplicației.

SISTEME CU MICROPROCESOARE

De-a lungul timpului, circuitele integrate au evoluat de la SSI (Integrare pe scară mică), care conțineau câteva zeci de tranzistoare pe capsula de circuit integrat, la VLSI (integrare pe scară foarte largă) care a ajuns la miliarde de tranzistoare pe cip (microprocesorul 32-core AMD Epyc de la AMD conține 19,200,000,000 tranzistoare).



Primele microprocesoare produse de INTEL 4004 în 1971, 8008 în 1972, 8080 în 1974.

Fairchild Semiconductor a dezvoltat tehnologii de circuit integrat cu porți de siliciu care stau la baza microprocesoarelor CMOS moderne. Tehnologia a fost dezvoltată de fizicianul italian Federico Faggin în anul 1968, care mai târziu s-a alăturat celor de la „Intel” pentru a dezvolta prima Unitate Centrală de Procesare pe un cip. În 1971, INTEL a proiectat și realizat primul microprocesor Intel 4004 pe 4 biți. Dezvoltat pentru Busicom, un producător japonez de calculatoare, microprocesorul



Calculatorul ALTAIR 8800.

avea 2 250 tranzistoare și putea efectua până la 90 000 de operațiuni. Federico Faggin a condus echipa de proiectare împreună cu Ted Hoff și Stan Mazor. A urmat imediat microprocesorul Intel 8008 (în anul 1972) și Intel 8080 (în anul 1974). Microprocesorul Intel 8080 avea o arhitectură pe 8 biți, lucra cu 64 KB de memorie. Acest microprocesor a fost adoptat de armata americană pentru fiabilitate sa deosebită. A stat la baza multor sisteme de calcul dezvoltate în întreaga lume. Un impact deosebit l-a avut microcalculatorul Altair proiectat de MITS (Micro Instrumentation an Telemetry Systems). În perioada 1974–1975, revista Popular



Electronics prezintă un set de articole care descrie proiectul calculatorului Altair 8800, bazat pe microprocesorul 8080. Altair a avut un rol deosebit în ceea ce privește apariția de programatori și dezvoltatori de interfețe pentru microcalculatoare. Magistrala S – 100 utilizată de Altair a devenit standard și a permis multor utilizatori să dezvolte software și interfețe pentru echipamente periferice. Un echipament foarte util a fost discul flexibil interfațat de Digital Microsystems, care a asigurat suportul fizic pentru implementarea sistemului de operare CP/M (Control Program for Microcomputers), creat și realizat de Garry Kildall.

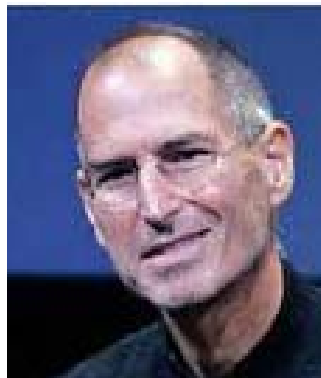
Un rol important în dezvoltarea de sisteme bazate pe microprocesoare l-a avut microprocesorul 6502 produs de MOS Technology, care a fost utilizat în sistemele Apple II, proiectate de **Steve Wozniak** și **Steve Jobs**, unele din cele mai răspândite calculatoare personale din anii 1977–1980. Avea memorie de 64K, disc flexibil de 5.25 inch, capacitate 140 KB, ieșire video pentru conectare televizor NTSC (standard american), 24 de linii cu 40 de caractere pe linie și grafică 280 × 192 pixeli cu 6 culori, un port serial și unul paralel. Avea implementat în memoria permanentă limbajul BASIC. S-a estimat că s-au vândut peste 6 milioane de calculatoare Apple II.



Microcalculatorul Apple II.



Steve Wozniak



Steve Jobs

De remarcat faptul că la doi ani după apariția primului microprocesor pe 8 biți, în România, la catedra de Calculatoare din Institutul Politehnic din București s-a proiectat și apoi, împreună cu o echipă de la Fabrica de calculatoare, s-a introdus în fabricație de serie, primul microcalculator MC8, ce avea ca unitate centrală de prelucrare microprocesorul Intel 8008. A urmat apoi familia de microcalculatoare M18, M18B, M118 proiectate la Institutul Politehnic București sub conducerea profesorului Adrian Petrescu, produse la fabrica de calculatoare. Din echipa de proiectare au făcut parte Nicolae Țăpuș și Trandafir Moisa. Din echipa de implementare tehnologică a făcut parte: Andrei Gayraud, Constantin Botez, Laurențiu Oftez, Constantin Alupului, Gabriel Drăghicescu, Victor Cososchi, Alex Preda, Cristian Popescu, Mircea Oatu ș.a.

MICROCALCULATORUL FELIX MC 8 (1975)

În perioada 1974–1975 s-a proiectat un microcalculator bazat pe microprocesorul Intel 8008. De menționat faptul că microprocesorul Intel 8008 a fost produs de firma INTEL cu doi ani înainte, în aprilie 1972. Modelul de laborator MC3, a fost proiectat și implementat de prof. **Adrian Petrescu**, **Nicolae Țăpuș**, **Trandafir Moisa**,

catedra Calculatoare, Institutul Politehnic din București. Intreprinderea de Calculatoare Electronice a preluat prototipul, l-a introdus în producția de serie, sub denumirea FELIX MC-8. La activitatea de implementare tehnologică au participat inginerii C. Spiride de la RomControl Data și Dan Gheorghiu de la ICE. [MC8 1, MC8 2]



A. Petrescu



N. Țăpuș



T. Moisa

În acea perioadă, marile companii producătoare de circuite integrate nu inventaseră încă memoriile PROM / EPROM.

Cum singurul echipament de intrare era cititorul de bandă perforată și neexistând posibilitatea de execuție a unor programe de boot sau de tip monitor, pentru încărcarea unui program, care era stocat pe banda perforată, de la panoul frontal trebuia introdus manual, instrucțiune cu instrucțiune, un încărcător minimal care să asigure citirea informației de la cititorul de bandă perforată. Pentru a permite introducerea unor programe de mici dimensiuni (ex bootstrap-ul) și a unor programe de test, panoul frontal conținea comutatoare pentru introducerea date și led-uri pentru afișare date din memoria de lucru. De la aceste comutatoare se puteau executa instrucțiuni mașină în binar, pas cu pas.



Modelul de laborator MC8.



Sistemul FELIX MC8.

Sistemul FELIX MC8 lucra cu următoarele echipamente periferice: consolă alfanumerică; mașină electrică de scris; o mini-imprimantă, un cititor de bandă

perforată, un perforator de bandă. Ulterior a fost implementată o interfață cu o unitate de casetă magnetică

Software-ul de bază pentru microcalculatorul FELIX MC8 a fost dezvoltat ca crossoftware pe FELIX 256 și pe sistemele cu microprocesor Intel 8008. Au fost realizate sisteme de programme de bază absolut necesare funcționării: monitor, asamblor, biblioteci de programme pentru accesul fișierelor pe casetă magnetică și programe pentru diverse aplicații. Aplicațiile pentru microcalculatorul FELIX MC8 au fost realizate folosind instrumente de dezvoltare software implementate pe calculatorul FELIX C-256.

Microcalculatorul FELIX MC8 a reprezentat primul microcalculator cu microprocesor 8008 proiectat și realizat, pe scara industrială, în țara noastră.

Având în vedere gradul de noutate al acestei realizări, Academia Romană a atribuit Premiul „Traian Vuia”, colectivului de autori: **Adrian Petrescu, Trandafir Moisa și Nicolae Țăpuș.**

În anul 1980 un microcalculatorul FELIX MC 8 cu o interfață având 128 de intrări binare și software realizat de ISPE București, a fost folosit ca inregistrator de evenimente care, în anul 1992, după 12 ani de funcționare 24 din 24 de ore, funcționa la parametrii inițiali. [MC8 3]

MICROCALCULATORUL FELIX M18 (1976)

Familia FELIX M18, proiectată la catedra de Calculatoare de către prof. **Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa**, cuprindea microcalculatoarele M18, M18B și M118GS. Echipa de la ICE, condusă de Andrei Gayraud, din care au făcut parte: Constantin Botez, Laurențiu Oftez, Constantin Alupului, Gabriel Drăghicescu, Victor Cososchi s. a., au realizat implementarea industrială (1975–1981) într-o concepție unitară. De menționat că s-a avut în vedere compatibilitatea, hardware și software, cu sistemele care în acea perioadă au fost lansate pe plan mondial. Această compatibilitate a permis ca aplicații dezvoltate pe sistemele proiectate în România să poată fi executate pe alte sisteme produse în străinătate și invers. Familia de microcalculatoare M18 a fost realizată cu microprocesorul Intel 8080. Au fost concepute ca și calculatoare universale, permițând execuția programelor dezvoltate pentru diverse aplicații. [M18 1, M18 2]

Varianta inițială FELIX M18 conținea unitatea centrală de prelucrare bazată pe microprocesorul Intel 8080, memorie EPROM și RAM, modulele de interfață cu echipamentele de I/E. Echipamentele de intrare/ieșire au fost: consola (TTY-teletype) sau display cu tub catodic, cititorul/perforatorul de bandă perforată, cititorul de cartele perforate, unitatea de bandă magnetică și unitățile de casetă magnetică, imprimanta.

Modelul FELIX M18B a avut o implementare tehnologică mai performantă: unitatea centrală de prelucrare era implementată pe o singură plachetă, modulul de memorie RAM de maxim 64 KB era implementat cu memorie MOS dinamică, iar modulul de memorie EPROM era de 32 KB.



Microcalculatorul FELIX M18.

Având în vedere faptul că nu exista un coprocessor matematic și că operațiile în virgulă mobilă erau implementate prin software, s-a proiectat și realizat un modul hardware specializat capabil să implementeze cele 4 operații aritmetice elementare cu numere reprezentate în virgulă mobilă respectând standardul IEEE-754. Utilizând modulul în virgulă mobilă hardware, viteza de execuție a programelor scrise în limbajul FORTRAN a crescut de până la 4 ori față implementarea prin software a operațiilor în virgulă mobilă.

De menționat faptul că sistemul de tip desktop FELIX M118GS- Graphic System a fost distins cu Medalia de aur la Expoziția de la Leipzig. Sistemele M18, M118 au fost exportate în China, RDG și Franța. Pe baza sistemului FELIX M18B, prin adăugarea unui multiplexor cu 60 de canale pentru liniile de comunicație serială, s-a realizat Concentratorul de Date CD80. Impactul sistemelor de calcul din seria M18, M118, M118GS și a concentratorului de date CD80 asupra dezvoltării informaticii în România a fost cu totul deosebit, punându-se baza teleprelucrării datelor la nivelul centrelor de calcul teritoriale.

MINICALCULATOARE

FAMILIA DE MINICALCULATOARE INDEPENDENT I100, I102F, I106

Familia de minicalculatoare I100 a fost proiectată la ITC București de o echipa condusă de **Adrian Stoica**, începând cu anul 1977. Colectivul de realizare a minicalculatorului a fost format din: Mircea Florea, Riuric Bulgacov, Marin Sandu, Virgil Geanta, Teodor Florescu, Nicolae Vaceanu, Dumitru Dinu (ITC, filiala Timișoara), Viorel Ciurea, Rodica Ciurea, Gheorghe Olteanu, Sorin Guiman [I100 1, I1002, I100 3].

Familia de minicalculatoare INDEPENDENT a cuprins 3 modele de minicalculatoare compatibile software (set de instrucțiuni) cu 3 modele ale familiei PDP-11.

Microcalculatorul INDEPENDENT 100, avea o arhitectură pe 16 biți, compatibil la setul de instrucțiuni de la PDP-11/34 (emulare prin microprogram a setului de instrucțiuni). Dispunea de o memorie RAM, inițial pe ferite și apoi cu circuite MOS, de 32K cuvinte de 16 biți iar prin adresare extinsă (prin unitate de management al RAM) până la 128 K cuvinte de 16 biți. Pentru conectare asincronă la controllerele echipamentelor periferice avea o magistrală pe 16 biți iar subsistemul de intrări/ ieșiri cuprindea un modul de acces direct la memorie (DMA) pentru echipamentele periferice cu viteză mare de transfer a datelor (Unități de discuri, unități de bandă magnetică etc.).



A. Stoica

Avea interfațate o serie de echipamente periferice: terminale alfanumerice, cititor/perforator de bandă de hârtie, cititor de cartele, imprimantă (cu tambur, cu bandă), unitate de disc flexibil (floppy 8” și 5”), unitate cu casetă magnetică, unități de discuri cu pachet amovibil de diverse capacități (5MO, 10 MO, 29MO, 58 MO, 100 MO, 200 MO); unități de bandă magnetică de 1600bpi, controllere pentru legături asincrone și sincrone.

Fiind compatibil cu familia PDP 11, lucra cu sistemul de operare RSX11M (DEC). În ITC au fost dezvoltate sisteme de operare proprii: sistemul de operare AMS realizat de un colectiv condus de Aurel Becea și sistemul de operare MINOS realizat de un colectiv condus de Nicolae Manea.

Minicalculatorul fost fabricat în sute de exemplare la Fabrica de Calculatoare și exportat în China și RDG.

Membrii echipei care a proiectat și implementat minicalculatorul INDEPENDENT 100 au fost distinși cu Premiul „Traian Vuia” al Academiei Române în anul 1980.

INDEPENDENT 102F a fost o variantă îmbunătățită în ceea ce privește capacitatea memoriei, adresare extinsă până la 128 K cuvinte de 16 biți. Acest sistem a fost fabricat în peste 1000 de exemplare la Fabrica de Calculatoare, începând cu anul 1980.

INDEPENDENT I106 a asigurat compatibilitatea cu setul de instrucțiuni al lui PDP-11/44 (emulare prin microprogram a setului de instrucțiuni); adresare extinsă până la 4 M cuvinte de 16 biți. S-a utilizat o tehnologie nouă bazată pe utilizarea procesoarelor microprogramate bit-slice din familia AMD 2900.

A fost fabricat în peste 200 de exemplare la Fabrica de Calculatoare, începând cu anul 1983.

Echipa de proiectare a fost coordonată de Adrian Stoica și era formată din: Gheorghe Olteanu, Sorin Guiman, Teodor Florescu, Virgil Geanta, Viorel Ciurea, Rodica Ciurea, Dragoș Mateescu, Gabriel Mateescu, Mircea Stan, Mariana Nita, Adrian Stănescu, Dumitru Dinu (ITC, filiala Timișoara).

DIAGRAM (1981)



Gh. Ștefan

Diagram este un microcalculator grafic interactiv, proiectat în 1981 la Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației din Institutul Politehnic București, de o echipă coordonată de prof. **Gheorghe Ștefan**. Din echipă au făcut parte: Sanda Maican, C. Băleanu, I. Maican, V. Maican, D. Tomescu, V. Dincă, D. Popescu. Sistemul a fost preluat în producție de serie de către Întreprinderea de Echipamente Periferice (IEPER). [DIAGRAM 1, DIAGRAM 2, DIAGRAM 3]

Au fost produse mai multe versiuni: DIAGRAM, DIAGRAM 2020 și DIAGRAM 2030.

Sistemul DIAGRAM 2030 conținea două procesoare: microprocesor Z80 și unul specializat pentru grafică.

Sistemul era compatibil cu sistemele convenționale bazate pe microprocesorul Z80, lucra în mod text, 28 linii cu 80 de caractere pe linie și în mod graphic, alb/ negru, cu 512×512 pixeli respectiv, color, cu 512×290 pixeli. Dispunea de tastatură, joystick, unitate de disc flexibil, imprimantă serială sau paralelă, digitizor, plotter, lector/perforator bandă perforată de hârtie.

Unitatea de procesare grafică era implementată sub formă microprogramată într-o arhitectură pe 16 biți. Memoria video, de capacitate 1 MB, avea integrat mecanismul de paginare, care controla pagini 64 K cuvinte. Sistemul gazdă, de uz general, era realizat cu procesorul Z80. Acesta trimitea comenzi către procesorul grafic care se ocupa cu desenarea imaginilor color/monocrom. Procesorul era cuplat pe magistrala sistemului ca un modul Slave. Dispunea de un modul specializat care permitea scrierea în cele trei blocuri de memorie corespunzătoare culorilor fundamentale RGB. Procesorul grafic implementa execuția funcțiilor logice asupra datelor din memoria sa și a celor primite de la sistemul gazdă.

Diagram 2030 lucra cu maxim patru unități de disc flexibil, joystick, imprimantă serială, imprimantă paralelă, cititor/perforator de bandă de hârtie, digitizor și plotter.

Ca sisteme de programe avea: Monitor DIOS, BASIC cu instrucțiuni grafice, Asamblor Z80 DIAS, Editor de teste EDI, Programe de implementare a standardului CORE, FORTRAN, alte programe emulatoare de terminale grafice (ex. TEKTRONIX 4012)

CALCULATOARE DE PROCESS ECAROM ȘI SPOT

ECAROM

ECAROM 800 este un microcalculator a cărei arhitectură a fost concepută în 1975 la IPA, pe baza experienței de la FELIX C32-P, care a intrat în fabricație la Întreprinderea pentru Elemente de Automatizare. Ulterior a fost perfecționat și s-au produs modelele ECAROM 880, ECAROM 881 și ECAROM 881F care au fost

concepute utilizând microprocesorul 8080. Avea o structură modulară și a fost destinat conducerii proceselor industriale. În acest sens au fost realizate module de intrări și ieșiri de semnale binare cu modularitate de 32 de semnale, module de intrări analogice cu precizie de 12 biți și cu modularitate de 16 semnale care prin multiplexare putea ajunge la un total de 768 de semnale, module de ieșiri analogice cu o modularitate de 8 semnale și precizie de 12 biți, module de interfețe seriale cu 4 canale RS 232-C respective RS 485 și maxim două module de interfețe paralele. Putea să lucreze cu 8 canale seriale duplex. Echipamentele ECAROM foloseau un sistem de operare de timp real XTR-80. Memoria era de 8kB RAM și 8 kB EPROM putând fi extinsă până la capacitatea maximă de 64kB. Interacțiunea cu utilizatorul era asigurată prin cuplarea unui dispozitiv cu tub catodic DAF 2010 sau DAF 2020.

Aceste calculatoare de proces au fost instalate la fabrica de automobile Olcit Craiova, Dispecerul Energetic National București etc. [ECAROM 1, ECAROM 2]

SPOT

La ICE FELIX, echipa condusă de Mircea Brozici, formată din Gheorghe Marin, Dacian Nițulescu bazându-se pe experiența acumulată, a realizat mai întâi extensii cu interfațe de proces la microcalculatoarele existente apoi a creat echipamentul SPOT destinat supravegherii și conducerii proceselor. A fost conceput ca un dulap standard de 19 inch având un sertar cu 14 module de intrare-ieșire a semnalelor analogice și binare, izolate galvanic, având modularitate de 6, 12, 24, 48 de semnale, funcție de tipul modulului. Unitatea centrală a fost realizată cu microprocesorul Intel 8080A pentru unitatea CP-04, microprocesorul Z80 pentru unitatea CP-05 și microprocesorul INTEL 8086 pentru unitatea CP-06. Aceste unități au fost utilizate atât în echipamentele SPOT, cât și MINISPOT.



SPOT 83 la Centrala CHE Calderas Columbia, 1987.

Module de interfețe seriale standard RS 232 și RS 485, interfața paralelă, interfața serială radio permit conectarea cu alte echipamente seriale. microcalculatoare, minicalculatoare, imprimante seriale, terminale video alb negru VDT 52 S și color VI-01. Fabrica de Calculatoare, împreună cu ICI, a realizat un sistem de operare și a realizat aplicații pentru diverse instalații industriale. Echipa de la ISPE condusă de Radu Savulian, Mariana Țăpuș și Sergiu Iliescu de la IPB, au proiectat un sistem propriu de operare și programe de aplicație care au fost utilizate ca sisteme de monitorizare și comandă control pentru grupuri hidro în Columbia, la supravegherea grupurilor de 50 MW de la centralele termoelectrice, la simulatorul pentru termocentralele echipate cu agregate românești de 330MW și 50MW [SPOT 1, SPOT 2, SPOT 3, SPOT 4, SPOT 5].

CALCULATOARE PERSONALE PROFESIONALE



Calculatorul IBM PC-XT.

Odată cu trecerea la procesoarele pe 16 biți, 8086 și a impactului pe care l-au avut microcalculatoarele bazate pe microprocesoarele pe 8 biți, Apple II, Comodore (a fost cel mai vândut calculator în acea perioadă, cca 30 milioane de exemplare), a apărut ideea de a proiecta calculatoare personale performante. Firma IBM a lansat pe piață, în 1981, IBM PC care este primul calculator personal. Modelul a avut performanțe foarte modeste, microprocesor Intel 8088, 40K de memorie permanentă și 16K de memorie pentru utilizator. Ulterior memoria utilizator a crescut la 640 de kB și a inclus disc flexibil de 360 kB, iar primul hard disk de de 10 MB a fost atașat în 1983. Acest calculator a constituit punctul de plecare a tuturor sistemelor compatibile PC de astăzi. A fost un exemplu de compatibilitate hardware, software și interfețe chiar la nivel de conectori, indiferent de particularitățile de implementare proprii a fiecărei companii producătoare.

Din acest motiv calculatoarele personale au fost considerate „**IBM like**”.

În 1984, pe baza unui proiect dezvoltat la catedra de Calculatoare din Institutul Politehnic București, condus de prof. Adrian Petrescu, la care au lucrat Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa, Irina Athanasiu, s-a realizat primul calculator personal FELIX PC. O echipă de la Fabrica de calculatoare a pregătit producția de serie și în anul 1985 s-au fabricat primele exemplare. Sistemul a fost produs în mii de exemplare până în anul 1990.

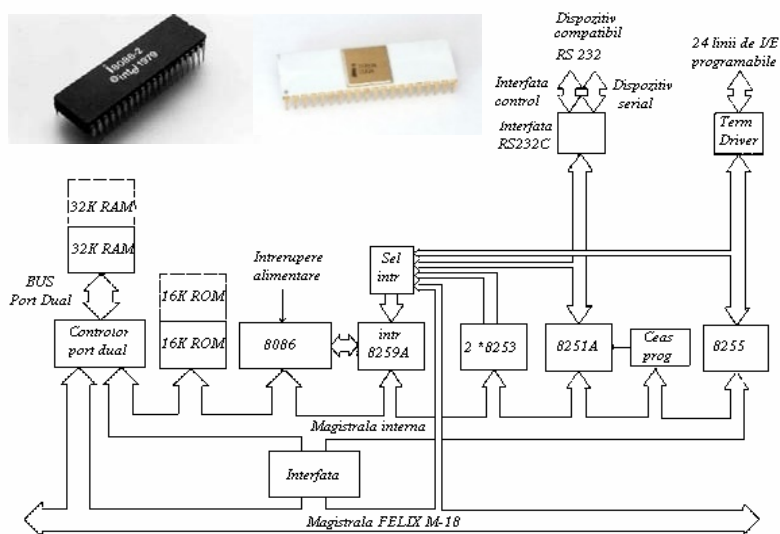
De-a lungul timpului calculatoarele personale au devenit din ce în ce mai performante și mai reduse ca dimensiune. În vremurile noastre telefoanele mobile și tabletele au ajuns să aibă procesoare la fel de performante ca cele ale calculatoarelor personale obișnuite, dar calculatoarele de tip desktop nu dispar, ci se transformă. Calculatoarele portabile au devenit din ce în ce mai performante și sunt foarte utilizate în toate domeniile. Dezavantajul principal al sistemelor portabile este faptul că este aproape imposibilă upgradarea resurselor interne.

Tabletele s-au răspândit foarte mult, datorită atât a performanțelor cât și a comodității de utilizare. De altfel, în ultimul timp se vorbește din ce în ce mai mult de PC de buzunar, care este calculator compact mobil, un fel de asistent personal digital inteligent.

MICROSISTEMUL FELIX M-216 (1982)

Cu experiența obținută cu sistemele FELIX M18/ M118 și odată cu apariția microprocesorului Intel 8086 pe 16 biți, în anul 1982, prof. **Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa, Irina Athanasiu**, de la Catedra de Calculatoare, din Institutul Politehnic București, a realizat un microcalculator cu două procesoare 8080 și 8086. Acest sistem a fost un sistem multiprocessor care a asigurat trecerea lină, cu păstrarea multor componente hardware de la microcalculatoarele pe 8 biți, la microcalculatoarele pe 16 biți.

Apariția microprocesorului pe 16 biți, Intel 8086, în anul 1978, a reprezentat un salt calitativ care a permis realizarea, cu resurse minime, a unor microcalculatoare cu performanțe comparabile cu cele ale minicalculatoarelor.



Arhitectura sistemului dual processor FELIX M-216.

Soluția aleasă a constat în proiectarea și realizarea unui sistem format dintr-un microcalculator pe o plachetă, bazat pe microprocesorul Intel 8086 (SBC – Single Board Computer), cuplat pe magistrala sistemului M18. Procesorul Intel 8086 lucra la o frecvență de 5MHz iar setul său de instrucțiuni permitea cu ușurință ca programele scrise pentru sistemele bazate pe microprocesorele 8080 / 8085 să fie convertite pentru a fi executate pe 8086. Microcalculatorul 8086, a fost realizat pe o placă care putea fi introdusă pe magistrala sistemului FELIX M18 și conținea

urmatoarele resurse: microprocesorul 8086; memorie biport de 32KB, extensibilă până la 64 KB; memorie de sistem, extensibilă până la 1MB; interfața serială sincronă/ asincronă compatibilă RS232C, sistem de întreruperi cu priorități de tip vectorizat, extensibil la 65 întreruperi externe mascabile.



Felix M-216 dual processor.

În condițiile existenței unei memorii RAM de 64 KB, s-a inclus sistemul de operare pe disc flexibil SFDX II, care a permis lucrul cu următoarele module software de bază: asamblor, editor de legături, editor de texte, monitor de sistem, compilator pentru limbajul PL/M.

FELIX M-216 a fost realizat la ICE într-un număr redus de exemplare, fiind utilizat, în special, pentru familiarizarea cu microprocesorul 8086, suportul de dezvoltare a aplicațiilor multiprocesor și dezvoltarea de programe care să fie rulate pe calculatoare compatibile IBM PC. Putem considera ca M-216 a fost prima arhitectură dual procesor funcțională, proiectată în România.

MICROCALCULATORUL FELIX-PC (1984)

A fost proiectat în 1983–1984, de prof. **Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa, Irina Athanasiu** de la Catedra Calculatoare din Institutul Politehnic București. S-a avut în vedere păstrarea compatibilității software cu sistemul IBM-PC care a fost lansat în anul 1981. Sistemul a fost implementat tehnologic pentru producție de serie de către colectivul Florea Tănase, Traian Mihu, Tudorel Domocoș, Sandu Anghel, Gabriel Drăghicescu, Laurențiu Oftez, Constantin Alupului, Victor Cososchi ș.a. de la Întreprinderea de Calculatoare Electronice.



A. Petrescu



N. Țăpuș



T. Moisa



I. Athanasiu

Felix-PC a păstrat compatibilitatea software cu IBM PC, dar a fost proiectat astfel încât să lucreze atât cu microprocesorul 8086 pe 16 biți cât și cu microprocesorul 8088, în timp ce IBM-ul lucra numai cu procesorul 8088 pe 8 biți.

Sistemul FELIX-PC avea o dublă compatibilitate, putând lucra cu processor 8086 care avea interfața cu exteriorul pe 16 biți sau cu microprocesorul 8088 care lucra cu resursele externe lui pe 8 biți. Structura calculatorului FELIX-PC putea fi configurată, prin poziționarea unor „jumpe-ri” aflați pe placa de bază, să lucreze cu microprocessor pe 8 biți (Intel 8088) sau 16 biți (Intel 8086). Placa de bază conținea următoarele resurse: unitatea centrală de prelucrare bazată pe microprocesoarele 8086 / 8088, coprocesorul matematic 8087, memoria RAM dinamică de 256 KB, memoria permanentă EPROM de maxim 64 KB, ceasul de timp real, sistemul de întreruperi cu implementare vectorială cu 8 niveluri de priorități, modulul DMA de acces direct la memorie, interfețele pentru



tastatură, pentru comunicație serială asincronă compatibilă standardului RS 232, pentru caseta magnetică audio și cuplorul de discuri flexibile de 5¼ sau 8 inci.

Memoria RAM e realizată cu componente de memorie dinamică și are o capacitate de 256 KB. Este organizată pe 8 sau 16 biți, fiind prevăzută cu bit de paritate la nivel de octet. Memoria EPROM, conține BIOS-ul care avea următoarele rutine: testul resurselor hardware standard, rutinele de I/E asociate echipamentelor standard, generatorul de caractere pentru modul graphic, încărcătorul pentru discul flexibil, programe pentru depanare.

Sistemul de programe implementat pe FELIX-PC avea la bază sistemele de operare PC-DOS și MS-DOS. Sistemul de programe de bază conținea translator pentru limbajul de asamblare, interpretor BASIC cu posibilități de prelucrare grafică. De asemenea dispunea de medii de dezvoltare a programelor în limbajele de nivel înalt FORTRAN, PASCAL, PROLOG, C, EDISON și MODULA-2. FELIX-PC a fost livrat cu interfețe grafice cu diverse module CGA, Hercules și EGA. Începând cu anul 1988 configurațiile FELIX-PC au fost livrate și cu cuploare de hard disc cu capacitatea de 20 MB. A fost produs la întreprinderea de calculatoare electronice ICE și a fost exportat în China și în diverse țări din zona CAER.

DIALISP (1984)

Sistemul DIALISP a fost proiectat de o echipă condusă de prof. **Gheorghe Ștefan**, din care făcea parte Aurel Păun, Virgil Bistriceanu și Andy Birbauma de la Catedra de Dispozitive, Circuite și Aparate Electronice a Facultății de Electronică și Telecomunicații din Institutul Politehnic București, în 1984. Sistemul DIALISP a implementat, ca premieră în România, o mașină care executa programe direct în limbajul de nivel înalt LISP. Au fost produse mașini într-o serie mică. [*DIALISP 1, DIALISP 2, DIALISP 3*]

Motivul pentru care s-a lansat proiectul mașinii DIALISP a fost declanșat de necesitatea de a rula direct și eficient programe scrise în limbajul LISP. Inițiativa a fost sprijinită de profesorul Mihai Drăgănescu, care în urma unei vizite în Statele Unite, dorea dezvoltarea unui domeniu nou, Inteligența Artificială, și era susținută de preocupările curente în cadrul cursului de Electronică Funcțională predate de Mihaela Malița și cursul LISP predate de Cristian Giumale.

A introdus două concepte importante: microprogramare multi-thread și memoria conexă.

Mașina DIALISP a avut ca unitate centrală un procesor microprogramat dinamic care implementa conceptul multi-thread. Thread-ul de microprogram principal realiza funcția „eval” lucra pe liste înlănțuite, iar cel secundar gestiona, în paralel, o stivă complexă.

Întreșerea microprogramelor era realizată pentru prima dată în mașina DIALISP și se permitea execuția multi-thead în scopul folosirii eficiente a resurselor interne ale procesorului microprogramat și o cuplare foarte strânsă a două procese: cel de evaluare a expresiilor și cel de gestionare a stivei. De menționat faptul că arhitecturile propuse, nu s-au distanțat definitiv de conceptul von Neumann.

Conceptul de memorie conexă era caracterizat prin elemente de procesare și evaluare atașate fiecărui cuvânt, astfel încât celulele dispun atât funcția de memorare cât și de prelucrare și evaluare elementară. Acest concept se regăsește într-o altă formă apropiată în limbajele orientate obiect.

Implementarea presupunea: reprezentarea listelor să poată fi menținută conexă, organizarea de stive multiple, accesarea definiției unei liste, localizarea unei stive de valori chiar în sub-lista de argumente a fiecărei funcții recursiv definite. Aceste deziderate au fost greu de realizat având în vedere restricțiile tehnologice din acea perioadă.



Microcalculatorul aMIC.

CALCULATOARE PERSONALE

MICROCALCULATORUL PERSONAL aMIC (1984)

Calculatorul personal aMIC a fost proiectat și realizat la Catedra de Calculatoare, din Institutul Politehnic București de către prof. **Adrian Petrescu** și **Francisc Iacob**, ca model de laborator. În perioada 1983–1984, a fost produs în serie la Fabrica de Memorie din Timișoara. O contribuție importantă în implementarea tehnologică și dezvoltarea de software a avut-o Gh. Rizescu, C. Novăcescu, E. Decsov, T. Ilin, F. Bar, R. Berindeanu, D. Pănescu [*aMIC 1*, *aMIC 2*]. Microcalculatorul aMIC a făcut parte din categoria calculatoarelor personale-individuale utilizate în special de către elevi, având aplicații diverse și un cost relativ scăzut. Unitatea centrală de prelucrare a fost implementată cu microprocesorul Z80 la o frecvență de 2,5 MHz.

Memoria RAM conținea programele de aplicații care se încarcă de pe suport extern, era construită cu circuite de memorie dinamică și avea o capacitate maximă de 48 KB.

Avea o interfață paralelă programabilă folosită pentru cuplarea tastaturii, difuzorului și a casetofonului audio și o interfață serială compatibilă cu standardul RS 232, folosită pentru conectarea unor echipamente seriale.

Monitorul, asamblorul, editorul de texte și interpretorul limbajului BASIC erau conținute în memoria permanentă EPROM de capacitate de 16 KB.

Pentru afișare se utiliza un televizor, conectat prin intermediul cuplorului TV care genera semnalul video complex. Capacitatea memoriei de vizualizare pe ecran era de 8 KB și era inclusă în memoria RAM a sistemului. Tastatura, cu organizare QWERTY și cu taste alfanumerice, era elastică, cu martor sonor.

Stocarea programelor se făcea pe un casetofon audio de uz general. Transferul informației cu caseta audio era la viteza de cca 1 600 bauds. Software-ul de bază conținea monitorul, asamblorul și interpretorul BASIC. Monitorul oferea comenzi intuitive de acces la resursele primare ale sistemului și era rezident în memoria

EPROM. Microsistemul aMIC a fost produs la Fabrica de Memorii din Timișoara și a fost utilizat în special în învățământ.

MICROCALCULATORUL PERSONAL HC-85 (1985)

Microcalculatorul HC-85 a fost proiectat de prof. **Adrian Petrescu** și **Francisc Iacob** de la Catedra de Calculatoare din Institutul Politehnic din București. Pregătirea tehnologică pentru producția de serie a fost realizată de către Tudorel Domocoș, Traian Mișu și Eugen Dobrovic, Sandu Anghel. Microcalculatorul face parte din categoria calculatoarelor personale de uz general. [HC85 1, HC85 2]



A. Petrescu



Fr. Iacob

Performanțele sale, compatibilitatea software cu familia SINCLAIR, costul redus, portabilitatea, disponibilitatea unui software de sistem și de aplicații orientat către utilizator, i-a dat o utilizare de larg interes, atât în învățământ cât și pentru utilizare acasă de către elevi, și persoane care doreau să se familiarizeze cu tehnica de calcul

În configurația completă HC-85 conținea: unitate centrală de prelucrare, construită cu microprocesorul Z80, memoria permanentă EPROM de 16 KB și memoria principală RAM de 48 KB, tastatură cu 40 de taste, cu semnificații alfanumerice, de control și funcționale. Afișarea se făcea pe televizor alb/negru sau color (PAL), monitor color RGB, iar stocarea programelor și datelor se făcea pe casetofon audio.

Prin interfațarea unei unități duale de disc flexibil de 5 1/4" performanțele și disponibilitatea sistemului au crescut foarte mult. Includerea unei interfețe seriale standard și conectarea într-o rețea de calculatoare personale HC-85 a până la 64 de sisteme i-a mărit mult plaja de aplicabilitate.

Interfața serială era folosită pentru comunicații seriale, pentru cuplarea serială cu echipamente care dispun de interfață serială și pentru cuplarea unei imprimante la HC-85.

HC-85 a folosit soluții hardware proprii, diferite de cele întâlnite în Sinclair Spectrum dar în ceea ce privește software-ul s-a păstrat compatibilitatea. Software-ul de sistem și de aplicații de la sistemul Sinclair Spectrum au putut fi rulate fără

probleme pe sistemul HC85. Dintre programele existente pentru familia SINCLAIR care au fost portate pe HC85, amintim: Interpretorul pentru limbajul BASIC, memorat în EPROM, interpretoarele / compilatoarele pentru limbajele LOGO, Forth, FORTRAN, PASCAL, C; programele pentru: procesare de texte (Tasword 2), aplicația tabelară spreadsheet (VU-CALC), baza de date (Data Base), grafica 3D (VU-3D), jocuri s.a.



Microcalculatorul HC-85.

Microcalculatorul HC-85 a fost acceptat și dorit de elevi, tineri și adulți pentru varietatea programelor și prețul accesibil. A inspirat realizarea unor sisteme asemănătoare în cadrul unor unități de cercetare-dezvoltare dintre care amintim la Cluj-Napoca sistemul PRAE, la Brașov sistemul CoBra, la Timișoara TIM-S, la ICE sistemele HC-88/90, urmate de dezvoltări privind implementarea sistemului de operare CP/M

PRAE (1985)

PRAE este un microcalculator personal proiectat de către o echipă sub conducerea lui **Miklós Patrubány**, formată din **Nicolae Pop Baldi**, Nicușor Socaciu, Liviu Derveșteanu, Emil Precup, Eugen Lupu și **Ioan Ciascai** de la Institutul de Tehnică de Calcul din Cluj-Napoca [*PRAE 1, PRAE 2, PRAE 3, PRAE 4*].



M. Patrubány



N.P. Baldi



I. Ciascai

PRAE a fost produs în serie limitată, la Fabrica de Memorii și Componente Electronice pentru Tehnica de Calcul din Timișoara (FMCETC), în anul 1985.

PRAE-1000 era construit pe baza microprocesorului Z80 și avea 16 kB memorie RAM și 16 kB memorie EPROM. Afișarea se făcea pe un televizor alb-negru, iar ca suport de stocare programe și date, era un casetofon audio, ulterior fiind dezvoltată o interfață pentru disc flexibil.

PRAE-1000, putea lucra atât în mod text 32 de linii a 30 caractere fiecare cât și în mod graphic, monocrom fără nuanțe de alb și Negru, cu o rezoluție de 256 pe 256 pixeli. Conectarea cu alte dispozitive sau sisteme se făcea printr-o interfață serială RS 232.

Plecând de la varianta inițială, calculatorul PRAE, a fost realizat în diverse configurații:

PRAE-T care avea o configurație simplă constând din tastatura, televizor și suport extern pe casetă audio, și era destinat elevilor și celor interesați de a lucra pe un calculator.



Placa de bază PRAE.

PRAE-L, într-o configurație mai extinsă, utilizat în procesul de învățământ și PRAE-M, într-o configurație maximal ce conținea 64 kB de memorie RAM, o unitate de disc flexibil de 5¼ inci, o mini-imprimantă iar sistemul de operare era compatibil cu sistemul CP/M.

Ca model de laborator a mai fost dezvoltat PRAE-PHOENIX, compatibil atât cu PRAE-M cât și cu sistemele Sinclair Spectrum. Ca software, PRAE avea un monitor simplu, interpretorul BASIC-PRAE v. 3.5. Aceste componente era rezidente în memoria permanentă EPROM.

TIM-S (1986)

În anul 1986, colectivul de cercetare condus de prof. **Crișan Strugaru** proiectează și realizează modelul experimental al calculatorului Tim-S. Din colectivul de cercetare au mai făcut parte: Dumitru Pănescu, **Mircea Popa**, Cezar Morun. [TIM-S 1, TIM-S 2]



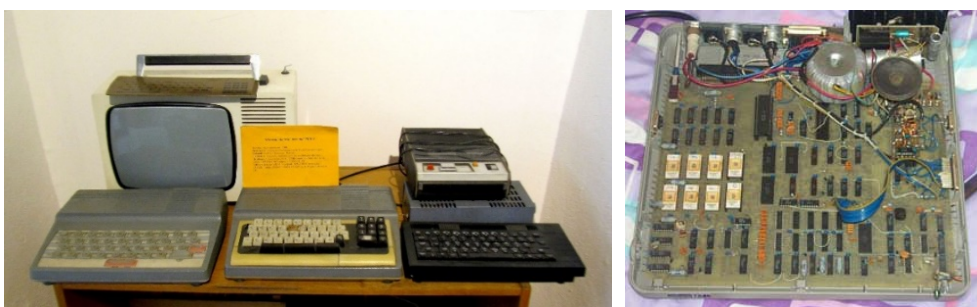
Cr. Strugaru



M. Popa

TIM-S era un microcalculator personal, introdus în producție de serie la Fabrica de Memorii Electronice și Componente pentru Tehnică de Calcul și Informatică Timișoara. Ulterior a fost creată o familie de calculatoare personale (TIM-S, TIM-S Plus, microTIM, microTIM+), care erau compatibile între ele desi conțineau resurse hardware diferite.

Calculatorul Tim-S era compatibil cu calculatorul personal ZX Spectrum. Inițial, calculatorul lucra cu un monitor TV alb/negru. Pentru a deveni complet compatibil cu Sinclair Spectrum a fost adaptat pentru TV color și pentru monitoare color RGB.



Calculatorul TIM-S.

A fost construit având ca procesor Z80. Au fost produse două variante TIM-S (3,5MHz), TIM-S Plus (6 MHz). Memoria permanentă ROM avea dimensiunea de 16 kB, iar memoria RAM de la 16kB până la 48 kB.

Lucra în mod text cu 24 rânduri a 32 caractere și în mod grafic 192×256 pixeli monocrom respectiv 16 culori. Dispunea de un difuzor încorporat în tastatură, suport de stocare pe disc flexibil (5 1/4”), casetofon audio, monitor și imprimantă. TIM-S conținea două interfețe de extensie EXT-1 și EXT-2. Interfețele de extensie includeau o interfață serială standard RS 232, două unități de discuri flexibile pentru stocare date și pentru comunicație o interfață de rețea.

Calculatorul TIM-S a fost utilizat o lungă perioadă de timp drept echipament didactic, pentru instruirea în programare a numeroase generații de studenți aparținând tuturor facultăților Institutului Politehnic „Traian Vuia” din Timișoara.

CoBra (COMPUTER BRAȘOV – 1988)

CoBra a fost un calculator produs la Brașov în anul 1986. Prof. **Gheorghe Toacșe** a lucrat la realizarea calculatorului împreună cu **Vasile Prodan**, Wagner Bernd Hansgeorg, Adrian Maxim, Marcel Arefa, Sorin Finichiu, Mircea Pop, **Sorin Cismaș** și Alexandru Antal. Primele exemplare au fost produse începând cu 1988. [*CoBra 1, CoBra 2*]

La realizarea tehnologică pentru producția de serie au contribuit mai multe fabrici din țară. Carcasa a fost realizată la Metrom Brașov, IUS Brașov și Electromureș. La I.C.E. Felix București s-a fabricat placa de bază ce conținea unitatea centrală

de prelucrare. Asamblarea finală a fost făcută la SIACT din cadrul CFR-ului. Au fost produse circa 1000 unități.



Gh. Toacșe



V. Prodan



S. Cismaș

Unitatea centrală de prelucrare conținea microprocesorul Z80, memorie RAM dinamică de capacitate max 64 KB și memorie EPROM de capacitate între 2 și 16 KB, controller video ce dispunea de o memorie video RAM de capacitate 16 KB. Afișarea se făcea pe un dispozitiv cu tub catodic alb-negru sau color, 32 linii a câte 24 caractere alfanumerice, fiecare caracter pe o matrice de 8×8 pixeli. Sistemul era prevăzut cu o interfață serială standard RS-232 pentru cuplarea unei imprimante sau cuplarea unor echipamente seriale, o interfață pentru casetofon audio în vederea stocării datelor și a programelor pe suport magnetic extern, un joystick compatibil Kempston. A fost conceput în mai multe configurații, în funcție de tipul de aplicații.



Microcalculatorul CoBra.

Sistemul minimal conținea un joystick, interpretor de BASIC, jocuri pe casetă audio având compatibilitate completă cu SINCLAIR SPECTRUM.

Configurația dedicată pentru educație conținea: un casetofon audio, o imprimantă, un joystick. Ca programe de bază și aplicații conținea: interpretor de BASIC, asamblor / dezasamblor, interpretoare pentru limbajele FORTH, LOGO, MICRO-PASCAL, MICRO-PROLOG și o mulțime de programe didactice etc.

Configurația de calculator personal-profesional conținea echipamente periferice: o imprimantă, un casetofon audio, unități de disc flexibil iar ca sisteme de programe un interpretor de BASIC, asamblor / dezasamblor, FORTH, MICRO-PASCAL, MICRO-PROLOG și alte programe utilitare.

Ulterior, a fost dezvoltată o interfață de disc flexibil care permitea implementarea sistemului de operare CP/M. A fost implementat și un nucleu de sistem grafic GKS și programe utilitare Word Star, dBase II, s.a.

HC 88 / HC90 / HC91 / HC2000. SISTEME DE TIP HOME COMPUTER PRODUSE LA ICE (1988)

Calculatorul personal **HC 88** a fost proiectat de către Traian Mișu, Eugen Dobrovie și Victor Cososchi, în anul 1989, la ICE Felix. Acest sistem lucra atât cu interpretorul BASIC, cât și sub sistemul de operare CP/M, ceea ce a permis ca HC 88 să devină soluția de înlocuire a calculatoarelor CUB Z, într-o configurație mai ieftină și mai accesibilă. [HC88 1, HC88 2]

Placa de bază conținea microprocesorul Z80, memorie RAM extinsă de 80 kB (64 kB+ 16 kB) și memorie permanentă EPROM de 2 kB. Opțional, calculatorul personal HC 88 includea un modul de memorie extinsă EPROM, interfață serială standard și extensie de memorie RAM cu 256 kB sau 1MB. Avea o interfață de tastatură, un codor pentru conectare la TV color în standardul PAL, precum și porturi pentru conectarea monitorului monocrom sau color. Suportul pentru stocarea programelor și a datelor era asigurat de două unități de disc flexibil 5¼” și un casetofon audio. Tipărirea rezultatelor se făcea pe o imprimantă cu ace. În ceea ce privește modul text, afișa 32 sau 80 de caractere pe linie în funcție de sistemul de programe folosit.

Calculatoarele personale **HC 90** și **HC 91** au fost produse în anul 1991. Au fost proiectate cu microprocesorul Z80A. Memoria permanentă EPROM avea capacitatea de 16 kB, iar memoria RAM avea capacitatea de 64 kB.

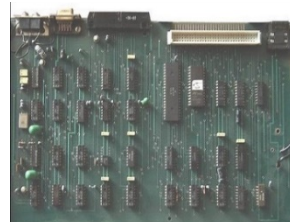
HC 91 lucra direct cu limbajul BASIC – rezident în memoria permanentă EPROM – compatibil cu interpretorul din SINCLAIR SPECTRUM.

HC 91 lucra în mod graphic cu o rezoluție 256 × 192 pixeli, 16 culori, iar în modul text lucra cu 24 linii a 32 caractere fiecare.

HC 2000 constituie o variantă îmbunătățită a sistemelor HC 91.

Caracteristici tehnice: CPU Z80 A – microprocesor pe 8 biți cu ceas de 3,5 MHz; ROM – 48 KB (16 kB pentru interpretorul BASIC, 16 kB pentru BIOS CP/M 10KB pentru driverul interfeței IF1). RAM 64 kB. Interfețe încorporate: interfață casetofon audio, 1 500 bauds, interfață joystick, interfață pentru disc flexibil 3.5 inci, interfață serială CCITT V24 (RS-232C).

Sistemul de programe asigura funcționarea ca sistem compatibil Sinclair sau sistem compatibil CP/M. Includea interpretor pentru LOGO, FORTH, PASCAL, BETA BASIC.



Placa de bază HC 88.



Calculatorul HC 90.



HC 2000 Microcalculator și placa de bază.

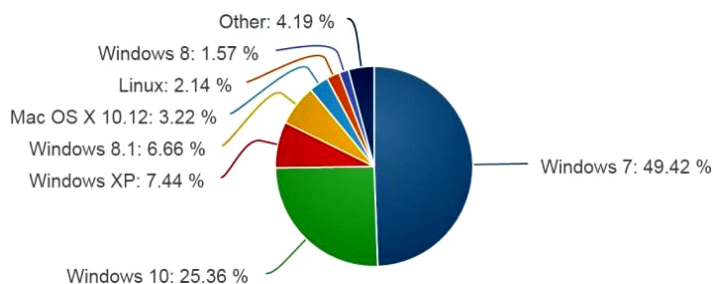
De menționat că, sisteme echivalente au produs Electromagnetica: JET, JET-EM care erau dedicate în special jocurilor, și Întreprinderea Electronica care a produs sistemele CIP, CIP-02, CIP-03, CIP-04

SISTEME MODERNE ȘI COMPANII CARE AU REVOLUȚIONAT IT ÎN LUME

Limbajele de programare au avut un rol deosebit în dezvoltarea aplicațiilor și implicit la pătrunderea tehnicii de calcul în toate domeniile. Acum există sute de limbaje de programare. Unele dintre ele au avut un impact major și de-a lungul timpului au devenit de referință pentru programatori.

În 1957, John Backus și o echipă de cercetători au implementat limbajul de programare pentru aplicații științifice FORTRAN (FORMula TRANslator). Unul dintre cele mai utilizate limbaje de programare la nivel înalt a fost COBOL (COMmon Business Oriented Language), proiectat de Grace Murray Hopper. Dezvoltat în anii 1960, de John Kemeny și Thomas Kurtz de la Universitatea Dartmouth, limbajul BASIC (Beginner's All-Purpose Symbolic Instruction Code) a fost un limbaj de programare foarte utilizat. Au urmat limbajele LISP (LIST Processing), dezvoltat în 1960 de John McCarthy de la MIT; Prolog (Programming in Logic), dezvoltat de Alain Colmerauer de la Universitatea din Marsilia, Franța; C, dezvoltat de Dennis Ritchie în 1969 la Bell Labs; C++, creat de Bjarne Stroustrup; Python, limbaj de programare dinamic multi-paradigmă, dezvoltat de Guido van Rossum în 1989; PHP (Hypertext Preprocessor), dezvoltat de Rasmus Lerdorf în 1994 ca o extensie a limbajului server-side Perl; JAVA, conceput în 1995 de către James Gosling la Sun Microsystems; Ruby, dezvoltat de Yukihiro „Matz” Matsumoto, Japonia, în 1995 și multe altele. În etapa actuală cele mai populare limbaje de programare sunt Python, Java, C++, Ruby.

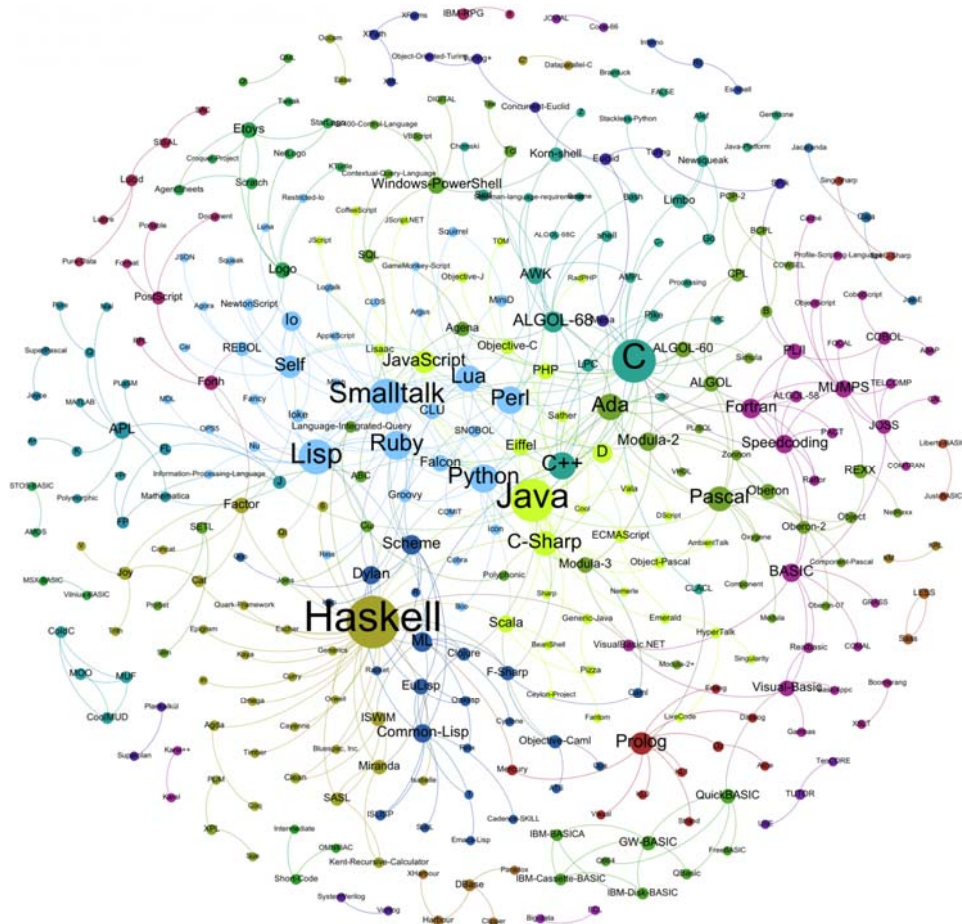
În ceea ce privește sistemele de operare, au existat două direcții, una proprietară Windows (Microsoft), MacOS (Apple), ș.a. și una deschisă (open source sau open use) UNIX, Linux, ș.a.



Sistemul de operare Windows, MacOS ș.a.

UNIX (dezvoltat în 1973) este destinat în principal serverelor și nu suportă gama de aplicații pe care majoritatea utilizatorilor le au pe un desktop. A fost

dezvoltat ca un sistem de operare multi-tasking, multi-user de un grup de cercetători de la AT&T și Bell Labs. Punându-l gratuit la dispoziția universităților, universitatea Berkeley a dezvoltat BSD UNIX foarte utilizat în mediu academic.



Constelația Limbajelor de Programare.

Unul dintre primele sisteme de operare dezvoltat de Microsoft pentru calculatoarele personale IBM, în anul 1981, a fost DOS (Disk Operating System).

Sistemul de operare Windows a fost introdus începând cu anul 1985 (Windows 1), urmat de Windows 3.1 (1992), Windows 95 (1995), care a introdus conceptul de „plug and play” pentru drivere-le care conectau echipamentele periferice. Windows XP (2001) a fost instalat în peste 430 milioane de PC-uri, Windows 7, 8 și 10 (2014). Windows 10 a fost proiectat ca să unifice platformele de pe diverse echipamente, telefoane mobile, tablete, laptop-uri etc.

Mac OS X este un sistem de operare dezvoltat de Apple, bazat pe Unix. Dispune de versiuni specializate pentru utilizarea pe diverse echipamente: Apple TV, Apple iPhone și Apple iPod Touch.

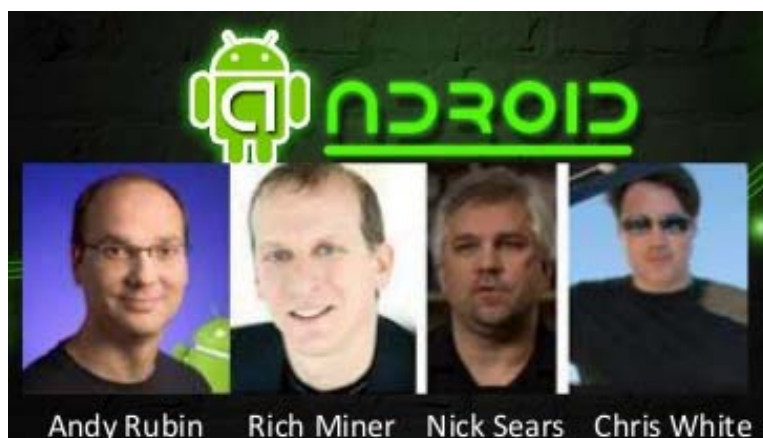


Linus Torvalds

Linux dezvoltat de **Linus Torvalds**, în 1994, a devenit referință pentru sistemele open source, poate rula pe aproape orice hardware începând cu servere, calculatoare personale, până la telefoane mobile, tablete, console video și suportă o gamă largă de aplicații software. Linux a fost dezvoltat sub Licența Publică Generală GNU GPL, astfel încât inclusiv codul său sursă sunt disponibile tuturor celor interesați de utilizare și dezvoltare.

În România, Marius Hâncu, din Canada, a inițiat o activitate de lansare a sistemului de operare Linux, „Free Unix for Romania”. Au fost implicate cadre didactice, cercetători, studenți, doctoranzi din universitățile din SUA, Canada și din universitățile din România. Au fost pregătite dischete cu surse Linux, documentații, programe publice și aplicații, care au avut ca rol răspândirea sistemului de operare Linux, a aplicațiilor open source, dar cel mai important a fost faptul că s-a lansat predarea primelor cursuri despre sistemele de operare de tip Unix în universitățile din România. Acțiunea de răspândire a software-ului open source, a limbajului Java și în special a sistemului de operare Linux în România a avut-o profesor Irina Athanasiu.

Bazat pe nucleul Linux, s-au dezvoltat o serie de sisteme adaptate pentru noile tehnologii. Android (2005), dezvoltat inițial de Android Inc. (**Andy Rubin, Rich Miner, Nick Sears și Chris White**) și preluat de Google. Are variante specifice în funcție de dispozitivele pe care se instalează, cum ar fi Android TV, Android Auto, Android aparate foto digitale etc. Este cel mai răspândit sistem de operare pentru dispozitive mobile diverse. În anul 2017, era instalat de peste 2 miliarde de utilizatori. Tot bazat pe nucleul Linux a fost dezvoltat și sistemul de operare Chrome OS de către Google.



Echipa care a dezvoltat sistemul de operare ANDROID.

Un rol foarte important l-au avut câteva companii care au marcat dezvoltarea sistemelor de calcul, atât din punct de vedere hardware, cât și din punct de vedere software. De menționat compania Microsoft, înființată în aprilie 1975, Albuquerque, New Mexico, Statele Unite, de **Paul Allen** și **Bill Gates**. Bill Gates a fost primul CEO. Primul sistem de operare de succes a fost MS-DOS pentru calculatoarele IBM like, urmat de sistemul de operare WINDOWS lansat în 1983 cu variante din ce în ce mai performante. A urmat setul de programe Microsoft Office lansat în 1989.



Paul Allen



Bill Gates

Compania Apple, care a fost înființată în aprilie 1976, Cupertino, California, Statele Unite, de către **Steve Jobs**, împreună cu Steve Wozniak și Ronald Wayne. La început au produs Apple II, Macintosh, LISA, NEXT apoi seria de laptop-uri iMac. În anul 2007, Apple lansează primul iPhone, cu care a scris istorie. În 2015, Apple reușește performanța de a atinge venituri de 234 miliarde de dolari. Creșterea veniturilor s-a făcut pe baza celor mai noi produse iPod, iPhone, iPad care au revoluționat aplicațiile mobile.



Steve Jobs

Compania Google a fost înființată în septembrie 1998, Menlo Park, California, Statele Unite, de către doi doctoranzi de la Universitatea Stanford, **Larry Page** și **Sergey Brin**. Google a proiectat și implementat cel mai performant motor de căutare pe internet din lume. A intrat în reflexul utilizatorilor de internet să spună „caută pe google”. Prin filialele sale, oferă servicii de publicitate online în Statele Unite și la nivel internațional. Google include principalele produse de Internet, cum ar fi anunțurile, Android, Chrome, Google Cloud, Google Maps, Google Play, motorul de căutare, YouTube. Oferă, de asemenea, conținut digital, servicii cloud enterprise și produse hardware, precum și diverse alte produse și servicii.



Larry Page



Sergey Brin

Există o mulțime de firme care au avut o contribuție importantă în dezvoltarea domeniului IT la nivel mondial, de-a lungul anilor. De menționat Yahoo, Facebook, Amazon, eBay, Oracle, INTEL, AMD, IBM, HP, CISCO, SAMSUNG, PHILIPS.



Florin Talpeș

În România au fost o serie de firme care au dezvoltat software performant, care s-au impus pe plan internațional. Una dintre acestea este BitDefender, creată de **Florin și Măriuca Talpeș**, în anul 2001, în București. Ulterior s-a extins cu reprezentanțe în SUA, Germania, Spania, Emiratele Arabe Unite și Marea Britanie. BitDefender a introdus o nouă tehnologie, B-HAVE care micșorează dependența de semnături prin detecția interactivă a amenințărilor. De-a lungul timpului a introdus mai multe tehnologii inovatoare dintre care sunt de menționat: BitDefender Photon, în 2014, care îmbunătățește viteza și performanța sistemului iar din 2015 BitDefender folosește tehnologii din clasa Machine Learning pentru a identifica în mod

inteligent atacuri ce au comportament similar și pentru a previziona eventuale noi atacuri cibernetice.

În ultima perioadă s-au dezvoltat sistemele de tip cluster, care conțin o mulțime de sisteme independente, conectate printr-o rețea de comutare foarte rapidă 1/10/100 Gbps, care participă la soluționarea de aplicații complexe.

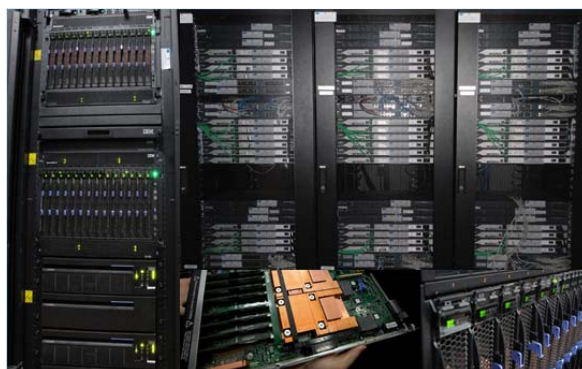
Conceptul de prelucrare paralelă de tip cluster a fost introdus de universitatea Caltech în 1994, de Thomas Sterling și Donald Becker în colaborare cu NASA. La început s-a pornit cu calculatoare comerciale de tip desktop realizând primul system de tip Cluster-BEOWULF. Ulterior s-au realizat configurații speciale pentru cluster. De exemplu, Google are module de bază proiectate astfel încât să dispună de procesor rapid, multă memorie RAM și o interfață de comunicație rapidă.

În România există clustere de calculatoare în centrele de date din Universitatea „Politehnica” din București, Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, Universitatea „Craiova”, Universitatea Al.I. Cuza din Iași, Universitatea de Vest din Timișoara, și în institutele de cercetări IFIN, ICI ș.a.



Thomas Sterling, Caltech cu cluster-ul Beowulf.

În Universitatea „Politehnica” din București există un centru de date destinat activităților didactice și de cercetare, format din peste 30 000 de nuclee de procesare heterogene: multicore, CELL, GPU. Interconectarea elementelor de procesare din cluster-ul UPB este realizată cu o rețea de comutare foarte rapidă bazată pe tehnologia Infiniband, iar interconectarea în infrastructura GRID și în rețeaua academică din România se face cu tehnologia Ethernet la 10 /100 Gbps, și cu 10 Gbps în rețeaua academică europeană GEANT 2.



Data center-ul din Universitatea „Politehnica” din București.

Supercalculatoarele din clasamentul TOP 500 sunt bazate pe arhitectura cluster. Astfel, Sunway TaihuLight este un sistem dezvoltat de Centrul Național de Cercetare al Ingineriei și Tehnologiei Informației Paralele (NRCPC) din China și instalat la Centrul Național Supercomputing din Wuxi, cu indicatorul de performanță High Performance Linpack (HPL) de 93,01 petaflops. Conține un număr de 10 649 600 elemente de procesare Sunway SW26010 260C de 1,45 GHz, o memorie de 1 310 720 GB, sistem de operare Sunway Raise OS 2.0.5 și consumă 15 371 kW.

În etapa actuală, sistemele larg distribuite sunt foarte răspândite. Ele incorporează diverse niveluri de funcționare și abstractizare, Cluster, GRID computing, Cloud, Edge Computing, Fog Computing etc.

STRATEGIA INIȚIALĂ DE DEZVOLTARE A TEHNICII DE CALCUL ÎN ROMÂNIA

Până în 1967, în țară exista un număr de cca 50 de specialiști în construcția de echipamente de calcul și de utilizare a lor. Specialiștii erau în universitățile de prestigiu și în institute și întreprinderi de profil din țară. În acea perioadă existau:

- Institutul de Fizică Atomică (IFA) de la Măgurele – înființat în anul 1956;
- IPRS (Întreprinderea de piese radio și semiconductori) – înființată în anul 1962.

Având în vedere că România a fost a opta țară din lume care a realizat un calculator și cea de-a unsprezecea care a realizat un calculator cu tranzistoare, cât și a faptului că era evident că țara care deținea tehnică de calcul putea să se dezvolte din punct de vedere economic, s-a inițiat un program de dotare a economiei naționale cu tehnică de calcul. **În 21 iunie 1967 a fost lansat programul de dotare a economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și prelucrarea datelor** [este atașat un extras al acestui document care se afla la Arhivele Naționale 33/1967].
[Arhive 1]

Având în vedere că trebuiau achiziționate echipamente noi și crearea de industrii noi, precum și utilizarea lor în economie, s-a hotărât ca specialiști în construcția și utilizarea echipamentelor de calcul, reprezentanți din industrie, cercetare și învățământ, să se documenteze referitor la tehnologia de fabricație, organizarea producției echipamentelor, întreținerea lor, utilizarea lor, cât și să stabilească modalități de cooperare pe aceste planuri. În acest sens au fost trimiși în delegații în țări dezvoltate în domeniu: Marea Britanie, Germania, Franța, Japonia, Italia, Statele Unite ale Americii, Suedia, U.R.S.S. Aceste deplasări au fost foarte benefice. Fiecare specialist a reprezentat un sâmbure al cunoașterii în domeniul tehnicii de calcul. Pe toți îi vom regăsi și mai târziu ca specialiști în domeniul calculatoarelor. Acești specialiști, în urma deplasărilor, au întocmit o concepție generală privind introducerea tehnicii de calcul în economie. În această concepție se stabilea: necesarul de echipamente; tipurile de echipamente; organizarea cercetării pentru a veni în sprijinul producției de echipamente cât și a utilizării echipamentelor; și nu în ultimul rând, un obiectiv foarte important, organizarea învățământului universitar, tehnic și de pregătire a personalului care lucrează în domeniu. În acea perioadă s-au investit cca 7 miliarde de USD pentru achiziționarea de echipamente, pregătirea fabricației de tehnică de calcul în România și pentru dezvoltarea învățământului superior și a institutelor de cercetare în domeniul calculatoarelor.

Ca urmare a acestui program s-au înființat noi obiective industriale:

- Întreprinderea pentru repararea și întreținerea utilajelor de calcul (IIRUC), București, în 1962;
- F.E.A. (Fabrica de Elemente de Automatizări), în 1967;
- Institutul de cercetare proiectare pentru utilaje și echipamente de calcul (ICPUEC), transformat în Institutul de Tehnică de Calcul (ITC), în 1967;
- Întreprinderea de calculatoare electronice Felix (ICE Felix), București, în 1970;

- I.E.M.I. (Întreprinderea de Aparate Electronice de Măsură și Industriale), în 1970;
- Institutul Central de Informatică (ICI), în 1970;
- Fabrica de Memorii electronice și Componente pentru Tehnică de Calcul (FMECTC), la Timișoara, în 1971;
- Conect, Fabrica de conectoare și elemente de comutare, la București, în 1972;
- Întreprinderea de Piese Electronice și Electrotehnice Curtea de Argeș, în 1972;
- Societatea mixtă RomControlData (RCD), în 1973;
- Întreprinderea de echipamente periferice (FEPER) București, în 1975;
- Întreprinderea Microelectronica, în 1982;
- Centrul de Cercetări pentru Componente Electronice, în 1978;
- Întreprinderea de Cinescoape (ROCIN);
- Întreprinderea de Electronică Industrială.

Odată cu formarea noilor specialiști ai institutelor și întreprinderilor de profil și cu fabricarea componentelor electronice specifice, colective din mai multe institute și întreprinderi proiectează și realizează echipamente de calcul după modelul celor din străinătate. Unele din ele sunt prototipuri și intră în producția de serie. Proiectarea lor are în vedere realizarea unui echipament cu componente avute la îndemână dar în primul rând să asigure compatibilitatea hard și soft cu sisteme echivalente realizate pe plan mondial, care să permită utilizarea soft-ului existent în lume, pe sisteme similare.

Realizatorii de programe căutau să dezvolte aplicații care să fie utile în ramura unde lucrau. S-a scris mult software și de mare valoare la vremea respectivă. Programele care s-au regăsit în toate întreprinderile au fost cele ce necesitau calcule, erau repetitive în spațiu și timp, necesitau un volum de muncă mare pentru personal și nu lipsit de erori.

Pentru a nu mai apare această suprapunere de activități, ICI a înființat Biblioteca Națională de Programe. În această bibliotecă s-au regăsit programe de uz general ca: APROVDES, CONTAB, PERSORET, GESTOC. Aceste programe erau scrise după proceduri, respectau standarde și aveau instrucțiuni de utilizare. IIRUC a avut un Centru de Prelucrare automată a datelor cu aplicații financiar contabile, de personal și aprovizionare. Fiind atât de multe sisteme de programe și atât de diferite, neexistând o cronologie a realizării lor, neexistând un grad de comparație între ele, orice exemplificări s-ar face, ar rezulta o nedreptate față de ceilalți realizatori.

Activitatea specialiștilor în domeniul tehnicii de calcul din institute de proiectare și cercetare din domenii diferite de tehnica de calcul a fost strivită de măreția obiectivelor realizate de aceste institute. Activitatea lor era trecută, chiar dacă era de excepție, la capitolul și alte realizări. În institutele de proiectare și cercetare s-au realizat pachete de programe pentru proiectarea asistată de calculator, începând din anul 1973, în construcția de mașini [Strategie 1] și în energetică, la ISPE-secția de automatizări, în colaborare cu IPA și la ITC în colectivul condus de Dan Roman.

În această perioadă s-a dezvoltat hardware-ul și software-ul pentru calculatoarele de proces. Odată cu primele calculatoare s-au conceput și interfețe de proces, s-a scris software și au apărut primele aplicații de conducere a proceselor industriale. În prima fază aplicațiile au fost realizate de către institute de specialitate în colaborare cu cei ce au produs echipamentele de calcul. Performanțele lor fiind reduse: viteză, timp de răspuns, memorie și nu în ultimul caz fiabilitatea, experiența tehnologică, încrederea au făcut ca într-o primă fază, să fie utilizate numai să monitorizeze procesele industriale. Aceasta a fost perioada anilor 1972–1982, cu calculatoare Felix C-32 P și cu microcalculatoare MC8, M18, M18B, SPOT și ECAROM.

La sfârșitul anului 1984, existau în economie 1 644 unități de informatică, ce dispuneau de 517 calculatoare electronice, 614 mini și microcalculatoare. Nu putem să amintim de istoria calculatoarelor, vorbind numai de hard fără a vorbi de soft. Acele echipamente, chiar dacă în decursul celor 60 de ani au avut caracteristici tot mai performante, soft-ul este cel ce le-a făcut utile și de neuitat. Dacă în decursul acestei istorii, echipamentele realizate sunt de ordinul zecilor, referitor la soft-ul reprezentativ realizat se poate vorbi că sunt de ordinul miilor.

Software-ul realizat acoperă o paletă largă de domenii: în industrie pentru procese tehnologice și managementul întreprinderilor, în societate, în viața personală.

Să nu uităm că la sfârșitul anului 1985 la dezvoltarea și utilizarea software-ului, numai la ICI și centrele teritoriale de calcul în număr de 33, lucrau 3 186 de specialiști cu studii superioare. La acest număr trebuie să adăugăm specialiștii din învățământul superior, institutele de proiectare și cercetare și se ajunge la un număr de 47 023 persoane, din care 15 285 cu studii superioare. Acești specialiști erau: matematicieni cu profil informatică, ingineri cu specialitatea calculatoare electronice, economiști cu specialitatea cibernetică și din alte domenii implicați în procesul de analiză privind introducerea echipamentelor de calcul în domeniul lor.

Creșterea aceasta a specialiștilor atât cu studii superioare cât și medii a necesitat un program intens de pregătire a personalului prin înființarea în universități a secțiilor de profil.

Un rol important l-a avut pregătirea personalului din instituțiile care lucrau în domeniul tehnologiei informației. Pregătirea specialiștilor s-a făcut, cu mult profesionalism, în universitățile de profil din țară. Era nevoie și de pregătirea cadrelor tehnice care să întrețină echipamentele sau să le exploateze. Multe instituții și-au creat cadrul de inițiere și pregătire a cadrelor de care aveau nevoie. La ICI s-au început cursuri de specializare și perfecționare începând din anul 1971. Începând cu anul 1979 s-a înființat Centrul de Pregătire și Perfecționare în Informatică.

În paralel cu formarea personalului în exploatarea echipamentelor de calcul și în programarea acestora, la IIRUC s-au pregătit instructori și s-a format o școală de calificare și perfecționare a personalului și s-au elaborat manuale și documentații ca suport pentru însușirea cunoștințelor. Astfel IIRUC, trebuind să asigure întreținerea și repararea unui număr mare de echipamente de calcul foarte diferite, a ajuns ca împreună cu sucursalele să aibă un număr de 10 000 de angajați, în anul 1990.

Dacă până în anul 1990, atât la noi, cât și în lume, calculatoarele au pătruns greu în toate domeniile: industrie, comerț, învățământ, în viața personală, odată

cu miniaturizarea componentelor electronice, cu creșterea performanțelor, a exploziei soft-ului de sistem și aplicație, a scăderii prețurilor, s-a ajuns să asistăm la pătrunderea calculatorului în toate domeniile de activitate, să fie de neînlocuit.

După 1990, în toate institutele și fabricile de profil, în centrele de calcul și întreprinderi au apărut schimbări majore ce au avut ca efect: eliminarea echipamentelor românești, chiar și a celor competitive, specialiștii fiind furați de mirajul produselor și prospectelor din import; exodul specialiștilor spre domeniul privat sau plecarea în străinătate, unde aveau acces mai rapid la produse de ultimă oră.

Echipamentele de calcul au cunoscut în această perioadă o evoluție extrem de rapidă, pătrunzând în toate domeniile. Echipamentele din dotare, din anii 1990, au fost repede aruncate, nici măcar nu au fost câțeva păstrate pentru istorie.

Un mare merit al producătorilor de echipamente și a realizatorilor de soft a fost compatibilitatea componentelor echipamentelor și a soft-ului. Acest lucru a deschis poarta inteligenței universale a umanității, să conlucreze la realizarea echipamentelor și a software-ului în toată diversitatea lui și să pătrundă în viața și activitatea omului. Treptat, producția pe plan mondial s-a mutat în China și astfel producția de echipamente de calcul din țară dispăre și chiar fabrici ca FEA, ICE Felix. Institutele care au mai rămas și-au micșorat drastic numărul de salariați și ca activități implementează aplicații, vând echipamente și fac și lucrări de cercetare. Au apărut firme private mici, având ca principal obiect de activitate comerțul, serviciile informatice și într-o proporție mai mică producția tehnologică. Această producție este în mare parte de software și de asamblări de componente pentru a realiza aplicații specifice, dedicate. La sfârșitul anului 2017 după un studiu IT efectuat de ARIES, numărul firmelor din industria IT era 17 000, în care lucrau 100 000 de angajați. Conform raportului elaborat de Institutul Național de Statistică, peste jumătate din gospodăriile din România au ajuns să dețină câte un calculator. În statistici Eurostat din 2011 se stipulează că mai mult din jumătate de gospodării sunt conectate la internet și mai mult de jumătate din populație accesează internetul. Specialiștii care și-au început cariera în 1967, la începuturile calculatoarelor, au posibilitatea să-și vadă visul cu ochii. Toată munca lor de a face calculatorul cât mai util, apropiat de oameni și de neînlocuit, acum s-a realizat. Calculatorul a pătruns în instituțiile publice, în bănci, în procese industriale, la locul de muncă și în casa celor mai mulți ca: telefon inteligent, aparat foto, tabletă, PC, mașină, televizor inteligent etc. Multe pachete de software permit accesul la cunoaștere peste imaginația din anii 60, să vezi și să vorbești cu cineva aflat la mii de kilometri, să poți vedea întinerarii de pe planetă, să ai la dispoziție dicționare, să vezi planeta Marte și multe, multe altele.

De menționat faptul că România a devenit lider în ceea ce privește viteza de acces la internet. În anul 2016 România era pe locul 1 în clasamentul european al vitezei de vârf și ocupă locul 10 la nivel mondial. De remarcat faptul că în anul 2017, în România sunt cinci orașe care se regăsesc în top 10 orașe ale lumii cu cea mai mare viteză la internet. Timișoara cu viteza de 99.13 Mbps este orașul cu cea mai mare viteză la internet iar Bucureștiul este pe locul 2 în lume.

INSTITUTE DE CERCETARE

INSTITUTUL DE TEHNICĂ DE CALCUL (ITC)

Institutul de Tehnică de Calcul s-a înființat în anul 1967. Institutul a fost condus de directori generali: Florin Munteanu, **Dinu Buznea**, **Vasile Baltac**, **Victor Megheșan**, directori științifici: Victor Toma, Emil Tudor, Dan Roman, Ioan Bătrâna.



D. Buznea



V. Baltac



V. Megheșan

În cadrul institutului s-au elaborat proiecte de calculatoare și s-au dezvoltat programe de sistem. Astfel, în anul 1974 s-a realizat pregătirea pentru fabricație de serie a calculatorului de capacitate medie Felix C 512, pe baza licenței IRIS. În anul 1975 s-a proiectat și implementat unitatea de disc magnetic de 29 Mocteți DM29. Ulterior a fost proiectat calculatorul Felix C-32.

Calculatoarele FELIX 256 au dotat centrele teritoriale de calcul, centrele de calcul din institute de cercetare și universități.

Începând cu anul 1977 s-a lucrat la familia de microcalculatoare INDEPENDENT 100 și s-a realizat primul minicalculator din seria Independent, I100. [I100 I]

Familia de minicalculatoare I100 a fost proiectată în ITC București de o echipa condusă de Adrian Stoica. Colectivul de realizare a minicalculatorului a fost format din: Mircea Florea, Riuric Bulgacov, Marin Sandu, Virgil Geanta, Teodor Florescu, Nicolae Vaceanu, Dumitru Dinu (ITC, filiala Timișoara), Viorel Ciurea, Rodica Ciurea, Gheorghe Olteanu, Sorin Guiman.

Familia de minicalculatoare INDEPENDENT a cuprins 3 modele de minicalculatoare I100, I102F și I106 compatibile software (set de instrucțiuni) cu 3 modele ale familiei PDP-11.

A fost fabricat în sute de exemplare la Fabrica de Calculatoare și exportat în RDG, Cehoslovacia, China, Orientul Apropiat (Irak, Siria, Egipt).

În 1979 s-au elaborat sistemul de operare AMS (de un colectiv condus de Aurel Becea) și sistemul de operare MINOS (de un colectiv condus de Nicolae Manea).

Proiectul INDEPENDENT 100 a fost distins cu Premiul „Traian Vuia” al Academiei Romane în anul 1980.



Sediul ITC

Institutul de Tehnică de Calcul a avut sucursale în multe centre din țară: Cluj-Napoca, Timișoara, Brașov. În cadrul acestor filiale s-au proiectat și realizat calculatoare personale (PRAE – la ITC Cluj-Napoca, TIM-S la ITC Timișoara, CoBra – a ITC Brașov)

INSTITUTUL CENTRAL DE INFORMATICĂ (ICI)

Institutul Central de Informatică s-a înființat în anul 1970 prin Hotărârea Consiliului de Miniștrii nr. 1040/15.07.70. În cadrul acestui act se stipulează și obiectul de activitate al institutului, ce constă în: proiectarea sistemului național de prelucrare automată a datelor; creerea bibliotecii naționale de programe și organizarea activității de programare a produselor program și a exploatării acestor produse; proiectarea, punerea în funcțiune și organizarea centrelor de calcul în conformitate cu planul național de constituire a rețelei naționale de informatică.

În decursul timpului a avut un rol important în activitatea de coordonare a activității de informatică și în formarea și perfecționarea cadrelor pentru informatică. De-a lungul anilor, ICI a fost reorganizat sub diferite titulaturi: 1971 – Institutul Central pentru Sisteme de Conducere cu Mijloace de Automatizare (ICSCMA); 1973 – Institutul Central pentru Conducere și Informatică (ICCI); 1985 – Direcția de „Informatică” în cadrul Institutului de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Tehnică de Calcul și Informatică (ICSIT-TCI); 1990 – Institutul de Cercetări în Informatică (ICI); 1998 – ICI devine Institut Național de Cercetare – Dezvoltare în Informatică – ICI București. [ICI 1, ICI 2]

De-a lungul timpului, ICI a fost condus de prof. dr. ing. **Marius Guran** (1970–1971); prof. dr. ing. Col. Dinu Buznea (1971–1973); prof. dr. Ion Romînu (1973–1976); acad. **Mihai Drăgănescu** (1976–1985); ec. Nicolae Badea (1985–1989); prof. dr. ing. Adrian Davidoviciu (1990); dr. mat. Florin Păunescu (1990–1991); acad. **Florin Gheorghe Filip** (1991–1997); prof. dr. mat. Alexandru Viorel Marinescu (1997–2001); prof. dr. ing. **Doina Banciu** (2001–2006 și 2009–2016); dr. ing. Mat. Rodica Gabriela Hrin (2006–2009); prof. dr. ing. Decebal Popescu (2016–2017); prof. dr. ing. mat. Adriana Alexandru din 2017.



M. Guran



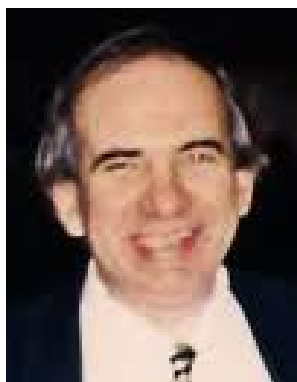
M. Drăgănescu



Nicolai Badaea



F.G. Filip



Alexandru Viorel Marinescu



D. Banciu

Începând cu 1973, ICI și-a lărgit activitatea având preocupări în dezvoltarea utilizării calculatoarelor în procesele industriale, prin realizarea de sisteme de timp real. În acest sens și-a creat un laborator propriu care a dezvoltat aplicații pentru sisteme în timp real și a susținut întreprinderile în producerea unor echipamente de proces și realizarea unor pachete software pentru aceste echipamente.

Orientarea către acest domeniu a condus la fabricarea în țară de echipamente de proces ce au permis realizarea pe scară largă a unor aplicații de supraveghere și conducere a proceselor industriale. Prin proiectarea și asimilarea în fabricație a interfețelor industriale s-au realizat echipamente de proces FELIX C-32P la ITC, echipamentele SPOT la ICE Felix și echipamentele ECAROM-800 la AUTOMATICA, alături de automatele programabile AP101, AP117 proiectate la IPA.

Ca urmare, ICI se dezvoltă ajungând ca în anul 1984 să coordoneze activitatea direcțiilor de tehnică de calcul de proiectare și cercetare, a Centrului de perfecționare a cadrelor în informatică cu filiale în Cluj, Iași, Brașov, Petroșani, Timișoara, Biblioteca Națională de Programe; a Centrelor teritoriale de calcul electronic CTCE (în număr de 31), a Oficiilor teritoriale de calcul electronic (în număr de 9) și a Liceelor de informatică în București, Cluj, Iași, Brașov, Timișoara. Avea un număr de 8 100 de salariați, din care 3 600 cu studii superioare ce își desfășurau activitatea în ICI și CTCE-uri. Avea în dotare împreună cu CTCE-urile un număr de:

85 calculatoare electronice de capacitate medie, 119 mini și micro calculatoare, 103 mașini de facturat-contabilizat, 1308 echipamente de pregătire a datelor, 334 terminale pentru teleprelucrare.



Sediul ICI.

În ianuarie 1985 s-a elaborat un program special pentru Cercetarea și proiectarea asistată de calculator (CPAC) constând în modalități și principii de desfășurare a activității, un plan concret de realizare a programului, pornind de la dotarea cu configurații de echipamente necesare și pregătirea personalului antrenat în activități CPAC.

La sfârșitul anului 1984, la nivel național exista un număr de 92 centre de calcul, 1 169 birouri de calcul, 383 de stații de calcul ce dispuneau de 517 calculatoare, 614 mini și microcalculatoare având 47 023 de salariați din care 15 285 cu studii superioare.

ÎNTRINDERI DE PROFIL

ÎNTRINDEREA DE CALCULATOARE ELECTRONICE FELIX BUCUREȘTI (ICE FELIX)

ICE FELIX, Fabrica de Calculatoare a fost înființată în 1970 având ca obiectiv realizarea de sisteme pe bază de licențe de la compania CII (Compagnie International pour l'Informatique) din Franța și ulterior fabricarea de calculatoare concepute în România. S-a construit după modelul francez de la Grenoble și la 1 ianuarie 1972 a fost pusă în funcțiune. Întreprinderea de calculatoare a fost condusă de director Florea Tănase, ing. șef Tudorel Domocoș și director tehnic Traian Mișu.

Producția a început cu calculatorul FELIX 256, primul calculator din familia IRIS al firmei CII. Într-o primă etapă a fabricat sistemele FELIX C-256, 512, 1024 având 256, 512, 1 024 kB memorie.

După 1977 s-au proiectat și au intrat în fabricație minicalculatoarele din familia INDEPENDENT I100, I102F, I106, proiectate de ITC (Adrian Stoica, Mircea Florea, Riuric Bulgacov, Marin Sandu, Virgil Geanta, Teodor Florescu,

Nicolae Vaceanu, Dumitru Dinu (ITC, filiala Timișoara), Viorel Ciurea, Rodica Ciurea, Gheorghe Olteanu, Sorin Guiman) și familia de minicalculatoare CORAL 4011, CORAL 4021, CORAL 4030, proiectată de un colectiv din IPB condus de Dan Tonceanu.



Sediul ICE – Întreprinderea de Calculatoare Electronice.

Microcalculatoarele bazate pe microprocesoare au intrat rând pe rând în fabricație printr-o strânsă colaborare cu Institutul Politehnic București. S-au produs microcalculatoarele MC8 (Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa IPB, C. Spiride și Dan Gheorghiu de la ICE), M18, M18B, M118 (Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa de la IPB, Andrei Gayraud, Constantin Botez, Laurentiu Oftez, Constantin Alupului, Gabriel Drăghicescu, Victor Cososchi, Mircea Oatu, Alexandru Preda, Cristian Popescu ș. a de la ICE).

A produs calculatorul personal HC85 (Adrian Petrescu, Iacob Francisc IPB și Tudorel Domocoș, Traian Mișu, Eugen Dobrovie, Sandu Anghel s.a, ICE) și calculatoarele HC88, HC 90, HC 91, HC 2000 proiectate de un colectiv din Fabrica de calculatoare (Traian Mișu, Eugen Dobrovie, Victor Cososchi, ș.a.).

Ulterior, a produs calculatorul FELIX PC compatibil cu IBM (Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa, Irina Athanasie de la IPB și Florea Tănase, Traian Mișu, Tudorel Domocos, Sandu Anghel, Gabriel Draghicescu, Laurențiu Oftez, Constantin Alupului, Victor Cososchi ș. a.).

Produsele realizate la fabrica de calculatoare au fost exportate în țările CAER, Franța, China etc.

De remarcat terminalele color VI-01 proiectate și produse de către ICE (Alexandru Curtescu, Marian Costică, Călin Constantinescu, Dan Oancea, Mircea Brozici, Traian Mișu).

Interfețele de proces și sistemele de conducere a proceselor SPOT (Mircea Brozici, Marian Costică, Gheorghe Marin) au fost fabricate și livrate în țară și la export. Echipamentele au fost utilizate în dispeceratele automatizate din întreaga țară, principalii beneficiari fiind Dispecerul Energetic Național, societățile din domeniul energetic (rețele electrice/electrocentrale), Autocamioane Brașov, Neferal București, Combinatul Siderurgic Galați, ICEMENERG București, Mecanica Fină Sinaia, Grivița Roșie București, Institutul de Cercetări Metalurgice Kiev.

Echipamentele produse în ICE au fost exportate în zona economică CAER, în China, Franța, și alte țări cu o economie dezvoltată.

ÎNTRERINDERA PENTRU ÎNTREȚINEREA ȘI REPARAREA UTILAJELOR DE CALCUL (IIRUC)

Împreună cu înființarea institutelor de proiectare și cercetare, a fabricilor de producție repere și echipamente, apare imperios necesitatea existenței unei întreprinderi pentru întreținerea și repararea utilajelor de calcul. Prin Hotărârea Consiliului de Miniștri nr. 633/1968 din 27/03/1968 se înființează Întreprinderea pentru Întreținerea și Repararea Utilajelor de Calcul (IIRUC) având ca obiect de activitate: întreținerea și depănarea utilajelor de calcul, revizia periodică și capitală a utilajelor, aprovizionarea cu piese de schimb, pregătirea personalului de specialitate, elaborarea de norme, tarife și normative privind întreținerea, repararea și revizia echipamentelor.



C. Moldovan

Până în 1970, în afară de activitățile curente, IIRUC asigura service-ul echipamentelor aduse din import și realizate în țară. S-a preocupat de specializarea în străinătate a inginerilor, de școlarizarea personalului. De asemenea, prin angajarea unui număr semnificativ de personal a asigurat funcționarea unor filiale care să acopere activitatea de service la nivelul întregii țări. În ianuarie 1970 s-a dat în funcțiune noul sediu al IIRUC cu laboratoare, ateliere, magazii pentru desfășurarea activității și oficiul de calcul împreună cu serviciile administrative. Filialele, laboratoarele și secțiile au evoluat în funcție de parcul de echipamente de calcul existent la nivel național. A avut loc o creștere spectaculoasă a numărului de salariați, astfel că în 1989 ajunge la 9 864 de salariați ce își desfășurau activitatea în București și în filiale din cele 10 zone, la nivel de țară. La oficiul de calcul, la sfârșitul anului 1989 lucrau peste 130 de angajați. În procesul de producție IIRUC a creat două secții de producție: pentru piese de schimb și pentru teste.



Sediul IIRUC.

Echipamentele pe care își desfășura activitatea erau împărțite pe tipuri: mașini mici electromecanice, calculatoare electronice de birou, mașini de facturat și contabilizat,

echipamente pregătire date, echipamente mecanografice, minisisteme de calcul, sisteme de calcul, mașini de reprodus și xerografiat, comenzi numerice, radio-telefoane, echipamente de proces. Vastitatea activității era data nu numai de varietatea de echipamente ci și de numărul lor și repartiția lor la nivelul întregii țări.

În paralel cu formarea personalului, în creerea de sisteme cu echipamente de calcul și în programarea acestora, la IIRUC s-au pregătit instructori, s-a format o școală de calificare și perfecționare a personalului și s-au elaborat manuale și documentații ca suport pentru însușirea cunoștințelor.

După 1990, odată cu scoaterea din funcțiune a unui număr însemnat de echipamente, apare o reducere drastică a activității, ajungând ca în anul 2000 societatea să aibă un număr de 13 sucursale și 64 de puncte de lucru și un număr de 450 de salariați. Din salariații rămași și având același obiect de activitate se înființează, în 2004, IIRUC SERVICE SA. Această societate ajunge ca în 2008 să aibă un număr de 350 de salariați. [IIRUC 1]

FABRICA DE ELEMENTE DE AUTOMATIZĂRI (FEA) 1967

A fost construită cu consultanță și asistență tehnică de la firma HOKUSHIN, în anul 1967. Ea a constituit, din punct de vedere constructiv și organizatoric un model pentru fabricile din domeniu. Avea ca obiect de activitate fabricarea de echipamente de automatizări industriale, telecomunicații, distribuție joasă tensiune, confecții metalice, circuite imprimate. Aici s-a început fabricarea calculatoarelor FELIX C-256 după licență franceză IRIS 50. FEA a fabricat un număr de 300 de echipamente ECAROM800, modemuri TELEROM, aparatură convențională pentru automatizarea proceselor industriale.

ÎNTRERINDEREA DE ECHIPAMENTE PERIFERICE BUCUREȘTI (FEPER) 1975



E. Preotu

Fabrica de echipamente periferice FEPER (IEPER) și-a început activitatea în 1975 și a avut ca obiect de activitate producerea de echipamente periferice, producerea de tehnică de calcul, director **Eugen Preotu**. Aici s-au produs plotter PIF, imprimante matriciale Impact, terminale video TPD, unități de stocare pe bandă magnetică UBM, calculatoare personale JuniorXT, display-ul numeric DAF 1001, perforatorul de bandă P15, tastatura operativă T10 și diverse alte echipamente periferice.

Începând cu anul 1980, a fost aplicată o nouă politică de creștere a cercetării și dezvoltării și de îmbunătățire a tehnologiei prin adăugarea de dotări high-tech, care au dus la reducerea timpului de punere în funcțiune a noilor produse.

Compania a fabricat propria marcă de produse electronice și mecanice din gama de periferice și computere, devenind un brand bine-cunoscut în industria IT atât pe piața internă, cât și pe CAER (Consiliul pentru Asistență Economică Mutuală).



Sediul FEPER.

Unele dintre produsele specifice pentru anii '80 au fost: Floppy-discurile care evoluează de la 8,5 la 3,5 inch; Imprimante alfanumerice și grafice; Afișări alfanumerice și grafice; Unități de bandă magnetică; Monitoare și tastaturi alfanumerice; Plottere W/B și color; Calculatoare personale; Aparată de publicitate dinamice LED; Terminale de procesare a datelor.

A încheiat mai multe contracte de export pe piața CAER și piața din China. FEPER S.A. a exportat imprimante IGRAF în Polonia și R.D. Germană, DAF 2010 în China, plottere în Cehia, Rusia și Germania de Est.

INSTITUT DE PROIECTARI PENTRU AUTOMATIZĂRI (IPA)

Institut de Proiectări pentru Automatizări (IPA) a fost înființat în 1960 ca institut de cercetare, proiectare și montaj instalații de automatizare. În decursul timpului au avut loc mai multe fuziuni cu alte întreprinderi și separări de întreprinderi. Organizarea și structura Institutului a fost determinată de evoluția tehnicii de calcul și de cerințele atât în țară cât și la export de instalații de automatizare performante. În perioada 1966–1970 a fost elaborată prima generație de echipamente pentru mașini-unelte, a fost realizat sistemul electronic de comutație static USILOG. În perioada 1971–1975, împreună cu ISPE, a fost realizat un sistem de proiectare automată a instalațiilor de automatizare aferente centralelor termice. În 1976 a fost realizat echipamentul ECAROM-800 pentru supravegherea și conducerea proceselor. Au fost fabricate peste 300 de sisteme din care 23 la OLTCHIM Craiova, la DOLJCHIM Craiova și o mare parte la export. Tot în această perioadă au fost realizate automatele programabile AP101 și AP 117 din care peste 1000 de sisteme au fost montate și puse în funcțiune în țară și străinătate. Mai multe

aplicații de supraveghere și comandă au fost realizate în industria chimică, industria minieră și la fabrici de ciment. Aceasta i-a permis să se extindă prin înființarea de filiale în 15 orașe din țară. După 1990 Institutul a participat la proiecte de cercetare și a modernizat multe instalații cu regulatoare MAC200 și cu automate programabile APC702, cu regulatoare numerice SMART-24 și alte echipamente.



Sediul IPA.

IPA și-a păstrat profilul de bază: cercetare–dezvoltare, proiectare, producție, montaj, service și consultanță de echipamente și instalații de automatizare și tehnologia informației (IT).

Activitatea s-a desfășurat în strânsă legătură cu mediul economic. Echipamentele și soluțiile dezvoltate au fost orientate către industria chimică, petrochimică, metalurgică, energetică, de construcții de mașini etc., protecția mediului, monitorizare parametri seismici, supraveghere comportare baraje hidrotehnice, sisteme de securitate și alarmare incendiu.

INVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR TEHNIC DE SPECIALITATE

UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN BUCUREȘTI

Secția de Calculatoare a fost înființată în anul universitar 1967–1968 în cadrul Facultății de Automatică, după care a urmat înființarea Catedrei în anul 1969. Primul șef al Catedrei de Calculatoare a fost prof. dr. ing. **Mircea Petrescu** (1969–1973, 1985–1990), succedat de profesorii **Adrian Petrescu** (din 1973–1985), **Nicolae Țăpuș** (1990–2008, 2012–2016), **Valentin Cristea** (2008–2012) și Mariana Mocanu din 2016. Primii conducători de doctorat, în 1969, au fost Mircea Petrescu și Adrian Petrescu. În perioada 1969–1992 în catedra de Calculatoare au fost doar doi conducători de doctorat (profesorii Mircea Petrescu și Adrian Petrescu) iar acum în Departament sunt 20 conducători de doctorat. [UPB 1, UPB 2, UPB 3, UPB 4]



M. Petrescu



A. Petrescu



N. Țăpuș



V. Cristea

În 1970 s-a înființat Centrul de Calcul care a asigurat suportul pentru elaborare de aplicații la nivelul universității, director științific fiind Mircea Petrescu. În anul 1970 au fost dezvoltate mai multe aplicații cu caracter de pionerat: primul sistem conversațional cu acces multiplu din România, SISIF (P. Dimo, I. Athanasiu, V. Cristea, N. Popovici), sistemul de programe SPICE, pe calculatorul FELIX C256, (M. Petrescu, D. Marinescu, C. Dimitriu), sistemul de programe pentru simularea circuitelor logice combinaționale și secvențiale (N. Țăpuș, C. Zervos, A. Petrescu) iar implementarea sa pe calculatorul de capacitate medie-mare Felix C256 (N. Țăpuș, A. Stănculescu), a fost achiziționat de Biblioteca Națională de Programe.

O activitate cu totul remarcabilă în domeniul calculatoarelor a avut-o colectivul condus de prof. Adrian Petrescu din care făceau parte Nicolae Țăpuș și Trandafir Moisa, colectiv care a conceput și a realizat primele calculatoare cu microprocesoare MC1, FELIX MC8, M18, M18B, M118, introduse în fabricația de serie la ICE, înscriind astfel România printre primele țări producătoare de microcalculatoare din lume. Sistemul FELIX M118GS- Graphic System a fost distins cu Medalia de aur la Expoziția de la Leipzig.

Pe baza sistemului FELIX M18B, prin adăugarea unui multiplexor cu 60 de canale pentru liniile de comunicație serială, s-a realizat Concentratorul de date CD80.



Sediul Departamentului de Calculatoare din UPB.



Centrul de cercetare PRECIS.

În perioada 1978–1979, în colaborare cu FCE și cu Institutul Oncologic București a fost realizat un echipament pentru depistarea precoce a cancerului la sân (dr. I. Mogoș, P. Cristea, A. Petrescu, T. Moisa, N. Țăpuș, C. Alupului).

A fost conceput și realizat prototipul terminalului inteligent TELEROM-P introdus în fabricație în IEIA – Cluj-Napoca în colaborare cu IPA (Mircea Petrescu, Șerban Petrescu, Nicolae Cupcea, Theodor Danilă, Tiberiu Popescu, Petrică Dumitru).

În catedra de calculatoare a fost proiectat primul sistem de calcul dual processor, microcalculatorul FELIX M216 (1983), sistem biprocesor, bazat pe microprocesoarele Intel 8086 și 8080.

În 1984 s-a conceput și s-a realizat FELIX PC, compatibil cu calculatoarele IBM-PC XT, de către Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș, Trandafir Moisa și Irina Athanasiu. La pregătirea producției de serie au participat Andrei Gayraud, Constantin Botez, Laurentiu Oftez, Constantin Alupului, Gabriel Drăghicescu, Victor Cososchi, Tudor Domocos de la ICE.

Primele microcalculatoare personale portabile, aMIC și HC-85, au fost concepute de către Adrian Petrescu și Iacob Francisc. aMIC a fost fabricat la Fabrica de memorii Timișoara iar microcalculatorul HC-85, compatibil cu calculatorul personal Sinclair Spectrum, a fost produs în serie la Fabrica de Calculatoare,

Colectivul format din Nicolae Cupcea, Mihai Mărgărint, Lotus Stoicescu, Adrian Surpățeanu, Eduard Andrei, Romulus Andrei au realizat echipamente cu microprocesoare pentru studiul fenomenelor de emisie acustică și al vibrațiilor, pentru monitorizarea parametrilor turbinelor eoliene. Cuplorul acustic a intrat în producție de serie la FEPER.

Au fost concepute și dezvoltate 3 echipamente grafice – terminalul Telerom P3, terminalul DIGRAF și stația grafică GT300 și prima implementare în România a unui nucleu de sistem grafic bazat pe standardul GKS pentru terminale grafice produse în țară (Mircea Petrescu, Șerban Petrescu, Florica Moldoveanu, Zoea Racoviță, Cristian Hera, Marius Gârbea).

În aceeași perioadă au fost implementate sistemul de operare CP/M pentru sistemele de tip microcalculator (Florian Moraru) și compilatorul pentru un limbaj de programare pentru timp real LPTR (L. Șerbănați, I. Athanasiu, E. Kalisz, F. Moldoveanu, M. Necula, V. Cristea, C. Giumale și V. Iorga). În domeniul

compilatoarelor, sub coordonarea L.D. Șerbănați s-a dezvoltat sistemul INTERFORM pentru dezvoltarea asistată de calculator a programelor și un sistem de validare a protocoalelor (V. Cristea, L. Șerbănați) bazat pe modelul programelor paralele.

Sistemul de gestiune a bazelor de date SOCRATE a fost introdus în România prin contribuția Centrului de Calcul și a Catedrei de Calculatoare (M. Petrescu, R. Irimescu, Tr. Sava). Echipa condusă de M. Petrescu și formată din L. Iftode, Fl. Rădulescu, C. Mocuța a proiectat și implementat sistemul de gestiune de baze de date RECOL.

În 1990, la Catedra de Calculatoare se realizează prima rețea locală din mediul universitar. Începând din decembrie 1990, la Centrul de calcul a funcționat un sistem de poștă electronică „off-line”, prin interconectarea prin linie telefonică, la viteza de 9.6 Kbauds, cu Centrul de Calcul al universității TU Darmstadt. Sistem experimental de „poștă electronică” a fost inițiat de Nicolae Popovici în cadrul Centrului de Calcul condus de profesorul Mircea Petrescu. Ca urmare a acestor experimente s-a înființat Rețeaua de Date din Învățământul Superior – RDIS, care ulterior s-a transformat în RoEduNet (Romanian Education Network). Nicolae Popovici a fost primul director, urmat în perioada 2001–2006 de Eduard Andrei, iar din 2016 de Gheorghe Dinu. Conexiunea actuală este de 10/100 Gbps la Rețeaua Academică Europeană GEANT 2

Participarea în cadrul mai multor programe Tempus a contribuit substanțial la perfecționarea cadrelor didactice, la îmbunătățirea bazei materiale a laboratoarelor și nu în ultimul rând la creșterea calității actului formativ. Proiectul IARCOD, coordonat de A Soceanu, a avut un rol important în dezvoltarea învățământului universitar de scurtă durată în universitățile românești.

Proiectul „Development in Romania of short-time higher education in computing, centered on distributed processing and its applications”, a reunit toate universitățile tehnice și de profil informatic din România. Proiectul, condus de Traian Muntean de la Universitatea din Marsilia și Nicolae Țăpuș din UPB, a avut o importanță deosebită în dezvoltarea domeniului de sisteme distribuite care s-a generalizat în toate universitățile de profil din țară.

Au fost dezvoltate o serie de proiecte importante pentru consolidarea cercetărilor în domenii actuale. De menționat: Mediu pentru dezvoltarea sistemelor paralele și distribuite – PARADIS (N. Țăpuș, V. Cristea, E. Kalisz, B. Costinescu), Instrumente software pentru elaborarea de programe folosind abordarea orientată pe obiecte (V. Iorga, C. Giumale), Instrumente pentru proiectarea și implementarea bazelor de date distribuite (M. Petrescu, Fl. Rădulescu), Simularea și proiectarea unor clase de circuite electronice (N. Cupcea, Th. Dănilă, C. Ștefănescu, E. Andrei), Sisteme informatice grafice și informaționale geografice GIS (S. Petrescu, F. Moldoveanu)

Prof. Irina Athanasiu a avut un rol esențial în promovarea acțiunii Free UNIX pentru România, fiind membru fondator GURU – Grupul Utilizatorilor Români de UNIX, și a contribuit decisiv la promovarea limbajului Java în România.

O atenție deosebită a fost acordată participării facultății la programe de cercetare europene și au fost create în facultăți laboratoare și grupuri mixte de cercetare cu IBM, Oracle, Microsoft, Motorola, HP, Rockwell, Siemens etc.

În anul 1999, în catedra de calculatoare a fost inițiată, cu sprijinul lui Nicolai Sandu și Dan Gârlaşu, pregătirea în domeniul rețelelor de calculatoare bazat pe programul internațional CISCO. Primii instructori au fost Răzvan Rughiniș și Emil Talpeș. CATC (Cisco Academy Training Center), condus de prof. Nicolae Țăpuș a coordonat activitatea Academiilor regionale din 12 țări din Europa de Est și Asia Orientală și activitatea a 271 de Academii Locale.

Proiectul „CoLaborator”, bază de cercetare cu utilizatori multipli, condus de prof. Valentin Cristea, a condus la dezvoltarea unor cercetări și programe formative cu arhitectură de tip multi-agent. În anul 2002, s-a înființat „Centrul Național pentru Tehnologia Informației” – CNTI.

În cadrul unor proiecte internaționale ale Catedrei de Calculatoare s-au dezvoltat pachete de programe pentru monitorizarea și controlul sistemelor distribuite de mari dimensiuni – MonALISA (Monitoring Agents using a Large Integrated Services Architecture), coordonatori Iosif Legrand, Harvey Newman (Caltech) și participanți Nicolae Țăpuș, Valentin Cristea, Corina Stratan, Cătălin Cîrstoiu, Costin Grigoraș, Ramiro Voicu, Adrian Muraru, Ciprian Dobre, Lucian Musat, Alexandru Costan, Florin Pop, Alexandru Herișanu, Mihaela Toarta din UPB. Alături de ICI, IFIN, INCAS, catedra de Calculatoare a participat la inițiativa GRID în România, roGRID.

Cercetările dedicate agenților inteligenți au fost extinse către o nouă direcție, inteligența ambientală, în cadrul unor teme cum ar fi: sistem de inteligență ambientală pentru asistare medicală la domiciliu (AmICare), integrarea colaborativă a taskurilor în sisteme de inteligență ambientală, sistem AmI dependent de context, asistarea adulților pe baza de șabloane de mobilitate, sisteme bazate pe cunoștințe și sisteme multi-agent, (Adina Florea, Ștefan Trăușan-Matu), sisteme pentru Inteligență ambientală, (Adina Florea, Andrei Olaru, Tudor Berariu), Inteligența Artificială și Sisteme Multiagent (Adina Florea, Eugenia Kalisz, Andrei Mogoș), Construirea Colaborativă a Cunoștințelor (Ștefan Trăușan-Matu, Dan Dascălu, Traian Rebedea).

Proiectul „EU-NCIT leading to EU IST Excellency”, coordonat de prof. Nicolae Țăpuș, a condus la realizarea unui cluster de înaltă performanță format din procesoare eterogene interconectate printr-o rețea internă de 1 Gigabit și la prima legătură de 10 Gbps cu RoEduNet.

Proiectul GEEA (Centru de resurse GRID multi-core de înaltă performanță pentru suportul cercetării), condus de prof. Nicolae Țăpuș, a contribuit la dezvoltarea sistemului GRID național prin dezvoltarea resurselor GRID existente, la crearea clusterului departamentului de Calculatoare cu peste 30 000 de noduri conectate printr-o rețea de foarte mare viteză. Infrastructura a devenit Centru de interes național parte a roGRID (N. Țăpuș, V. Cristea, R. Rughiniș, F. Pop, C. Dobre, D. Rosner, R. Deaconescu, M. Carabaș, E. Slusanschi). Site-ul Grid din cadrul CNTI (RO-03-UPB) este conectat și certificat de către Infrastructura Europeană Grid.

În cadrul proiectului „CANTI”, condus de prof. Adina Florea, s-au dezvoltat laboratoarele de sisteme de calcul și tehnologia informației, orientate pe următoarele direcții de formare și cercetare: sisteme distribuite și arhitecturi orientate pe servicii, sisteme și aplicații bazate pe tehnologia Grid, inteligență artificială și agenți inteligenți, sisteme bazate pe cunoștințe și e-learning.

Platforma de e-learning și curricula e-content pentru învățământul superior ethnic, finanțată prin Fondul European pentru Dezvoltare Regională, contribuie substanțial la creșterea calității actului formativ în inginerie. Proiectul a fost condus de prof.dr.ing. Nicolae Țăpuș. Serviciile oferite se adresează unui număr important de utilizatori (peste 70 000 de utilizatori) care accesează cca 7 milioane de pagini, lunar, din cadrul Sistemului Integrat de e-Learning.

Ca urmare a eforturilor făcute, pe parcursul a peste 20 ani, de Nicolae Țăpuș și Ioan Dumitrache, pentru extinderea spațiului didactic și de cercetare, s-a aprobat construirea Centrul de Cercetări PRECIS, coordonată de decanul facultății, Adina Florea. Tematica de cercetare abordată în cele 28 de laboratoare a fost de mare actualitate cuprinzând: Procese și infrastructuri critice cu eficiență energetică; Roboți pentru procese de producție; Sisteme Complexe Cyber-Fizice; Procese și produse inovative pentru creșterea calității vieții; Roboți umanoizi și drone; Produse inovative pentru sisteme și servicii mobile; Servicii inovative pe modelul Cloud; Sisteme inovative bazate pe Cluster și GRID Computing; Platforme de servicii eHealth; Robotică Cognitivă Aplicată în Medicină Asistivă; Realitate virtuală; Inovare și construire colaborativă a cunoașterii sprijinite de calculator; Ecosisteme digitale de afaceri.

O serie de cadre didactice din Departamentul de Calculatoare s-au evidențiat prin participarea la proiecte internaționale H2020 (Costin Raiciu, Adina Magda Florea, Dragoș Niculescu, Ciprian Dobre, Florin Pop, Alin Moldoveanu, Ștefan Trăușan-Matu, Mihai Dascălu, Nicolae Țăpuș, Valentin Cristea, Mariana Mocanu, Florica Moldoveanu), în domenii de vârf, cum ar fi securitate cibernetică, inteligență artificială, sisteme de suport pentru decizii. Dintre acestea, pot fi menționate: Ssiclops H2020, Superfluidity H2020, Cornet H2020 (ERC Starting Grant), NEC Research Ltd., Data4Water, CAMI, Gerontomics, ImAppNIO, CONDEGRID, Lib2Life, SOVAREX, SIMULATE, VDAQ-CEX, Text2NeuralIQL, HAI-OPS, RECODIS, cHiPSet, CATS, RAGE ș.a. Rezultatele din activitatea de cercetare au fost valorificate prin publicații în reviste cu factor semnificativ de impact și cu număr foarte mare de citări (Dragoș Niculescu, Florin Pop, Ciprian Dobre, George Popescu, Mihai Dascălu, ș.a).

De menționat participarea membrilor departamentului la proiecte Europene COST (European Cooperation in Science and Technology).

Titluri onorifice și premii obținute de membrii Catedrei de Calculatoare: Mircea Petrescu – membru de onoare al Academiei Române și membru al Academiei de Științe Tehnice din România; Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș și Valentin Cristea, membri al Academiei de Științe Tehnice din România; Ștefan Trăușan-Matu și Adina Florea membri al Academiei Oamenilor de Știință; Theodor Dănilă, membru de onoare al „Physics Institute Al. Pacinotti” din Roma; Mircea Petrescu – doctor H.C. al Universității din Craiova, Universității din Timișoara, Universității din Suceava, Universității din Petrol-Gaze Ploiești; Adrian Petrescu, doctor H.C. al Universității din Craiova; Adrian Petrescu, Nicolae Țăpuș și Trandafir Moisa, premiul Academiei Române (1975); Cristian Giumale, premiul Academiei Române (1979); Mircea Petrescu, Theodor Dănilă, Nicolae Cupcea, Șerban Petrescu, Tiberiu Popescu, Petrica Dumitru, Ion Fătu, Lotus Stoicescu, premiul Academiei Române (1982); Dorin Irimescu, premiul Academiei Române (1983); Adriana Țăpuș și Mugurel Andreica, premiul Academiei Române (2010); Ștefan Trăușan-Matu,

premiul Academiei Române (2013); Marius Leordeanu, premiul Academiei Române (2014); Ciprian Dobre, premiul Academiei Române (2016); Valentin Cristea, Florin Pop, premiul Academiei Române (2017).

Un aspect important a fost coordonarea studenților în concursurile naționale și internaționale. De remarcat faptul ca studenții din domeniul Calculatoarelor, din Universitatea Politehnică din București, au participat cu rezultate deosebite la concursuri internaționale de mare prestigiu.

De menționat: locul întâi la concursul internațional de proiecte complexe organizat de IEEE – Computer Society International Design Competition (CSIDC) – 2002, care a avut loc la Washington, DC, USA, locul doi în anii 2003 și 2004, locul trei în anii 2005 și 2006 la același concurs. La concursul internațional Imagine Cup, organizat în Redmond USA, s-a obținut de două ori locul unu în anii 2006 și 2016. La concursul ACM, organizat în Shanghai China în 2005, s-a obținut medalie de bronz. Studenții s-au remarcat, de asemenea, în concursurile RoboChallenge, Intel Accelerate, Hard&Soft, Freescale Cup, Olimpiada internațională de matematică, ș.a.

Cu un corp didactic de 100 cadre didactice, Departamentul de Calculatoare școlarizează peste 2 500 de studenți în programele de licență și peste 600 în programele de masterat în domeniile: Arhitecturi Avansate de Calculatoare, Administrarea Bazelor de Date, e-Guvernare, Grafica, Multimedia și Realitate Virtuală, Inteligență Artificială (în engleză), Ingineria Sistemelor Internet, Management în Tehnologia Informației, Securitatea Rețelelor Informatice Complexe, Servicii Software Avansate, Sisteme de Calcul Paralele și Distribuție (în engleză), Sisteme avansate de Securitate (în engleză), Sisteme de programe financiare (în engleză).

UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMIȘOARA

Catedra de Calculatoare a fost înființată în 1972, șef al catedrei fiind prof. **Alexandru Rogojan**. La conducerea catedrei au urmat prof. **Crișan Strugaru** (1990–1992), prof. **Vladimir Crețu** (1992–2016) și din 2016 prof. Mihai Micea. [UPT 1]



A. Rogojan



Cr. Strugaru



Vl. Crețu

Înființarea catedrei a fost rezultatul preocupărilor în domeniu a unor personalități. Încă din 1956 au fost preocupări de pionerat privind conceperea unui calculator electronic sub conducerea lui Iosif Kaufmann și Wiliam Lovenfeld. În anul 1961 s-a proiectat și realizat calculatorul MECIPT-1 primul calculator electronic din România construit într-o universitate. MECIPT-1 a fost construit cu tuburi electronice.



Sediul Departamentului de Calculatoare UPT.

Colectivul care a proiectat calculatorul MECIPT a fost condus de W. Lovenfeld, I. Kaufmann, iar din echipa de implementare au făcut parte: Dan Farcaș, Vasile Baltac, Ionel Munteanu, Iosif Hartmann, Gavril Gavrilescu, Alexandru Cicortaș, Victor Meghesan, Mircea Fildan, Ioan Nafornița, Ilie Oprea, Ion Mihaescu. Au urmat modelele MECIPT 2 și MECIPT 3 care au inclus soluții mai performante atât hardware cât și software.

Prof. Alexandru Rogojan a introdus, în anul 1963, în cadrul Facultății de Electrotehnică a Institutului Politehnic Timișoara primul curs de „Calculatoare automate și programare”. Preocupările în domeniul calculatoarelor fac ca în anul 1965 să se înființeze Catedra de Electronică și Calculatoare având ca șef de catedră pe prof. Alexandru Rogojan. Un an mai târziu s-a înființat o secție cu specialitatea, Calculatoare Electronice la Facultatea de Electrotehnică a Institutului Politehnic Timișoara. Ca fondatori ai acestei secții putem aminti pe: profesorul Alexandru Rogojan, Vasile Pop, Iosif Hoffman, Crișan Strugaru, Iosif Kaufmann. Colectivul secției a fost extins cu Aurel Soceneanțu, Baltac Vasile, Dan Farcaș, Ionel Munteanu, Volker Popovici, Mircea Ciugudean, Ioan Nafornița, Virgil Tiponuț, Emil Petriu, Ioan Jurca, Mircea Vladutiu, Ionel Jian, Ștefan Holban, Dorina Petriu, Anca Bica, Rada Coloja, Voicu Groza, Mircea Stratulat, Radu Stoinescu, Viorel Coifan.

Colectivul catedrei a avut o preocupare continuă de creare a unei baze materiale pentru desfășurarea în bune condiții a cursurilor. Catedra se reorganizează și în anul 1967 apare Catedra: „Calculatoare, Electronică și Automatică”, având ca șef de catedră pe prof. Alexandru Rogojan, iar în 1972 s-a înființat Catedra de Calculatoare.

În dorința de a avea echipamente pe care studenții să învețe, s-a realizat, în 1973, calculatorul CETA. Calculatorul CETA a fost proiectat și realizat sub conducerea profesorului Alexandru Rogojan iar din echipă au făcut parte: Crișan Strugaru, Aurel Soceneanțu, Mircea Vladuțiu, Constantin Nanasi. În 1976 s-a realizat microcalculatorul didactic MCD-1, sub conducerea lui A. Rogojan, împreună cu colectivul de cercetare: Rada Coloja, Viorel Coifan, Groza Voicu. De mare importanță a fost, în anul 1975, înființarea Centrului de Calcul al Institutului, sub conducerea lui Aurel Soceneanțu. Centrul a fost dotat cu un calculator Felix C-256. Existența acestui calculator a permis desfășurarea unei activități de cercetare în domeniul programării, atât pentru cadrele didactice cât și pentru studenți.

În 1978 este realizat Testorul pentru circuite integrate numerice TCI-1, care a intrat în producție de serie, după o soluție tehnică brevetată de către Mircea Vlăduțiu.

În cadrul Catedrei Calculatoare sub conducerea profesorului Alexandru Rogojan a fost finalizată construcția calculatorului de proces CETA-16. Sistemul de achiziție date al calculatorului a fost proiectat și realizat de Voicu Groza, iar programul de testare a fost realizat de Ionel Jian.

Au fost preocupări pentru dezvoltarea sistemelor de programe, și în acest sens trebuie menționată realizarea a unui compilator pentru limbajul Concurrent Pascal bazat pe o mașină virtuală de către Aurel Soceneanțu, Anca Bica, Horia Ciocârlie. Ulterior, a fost realizat primul compilator PASCAL pentru calculatoarele din gama FELIX C-256, 512 și 1024 de către Horia Ciocârlie, Petru Eleș.

S-a realizat, în 1980, de către Ionel Jian, Stefan Holban, Mihai Petru, un sistem de teletransmisie cu multiacces, care permitea accesul la programele scrise în FORTRAN pe Calculatoare FELIX 256. Un colectiv de cercetare condus de Radu Stoinescu, a realizat experimental robotul P.E.T.R.I.C.A.

În anul 1981 s-a înființat Catedra „Calculatoare și Automatică” având ca șef de catedră pe prof. dr. ing. Crișan Strugaru.

Colectivul de cadre didactice Alexandru Furtunescu, Mihai Petru, Vladimir Crețu au realizat cercetări privind sistemele de operare și programele de conducere a proceselor în timp real pentru calculatorul de proces Felix C-32.

Colectivul format din Crișan Strugaru, Radu Stoinescu, Ionel Jian a dezvoltat programe pentru robotul industrial REMT. Cercetările și implementarea sistemului de programe au fost premiate cu Premiul Academiei Române în anul 1983.

În anul 1984, a fost implementat un mediu de programare pentru limbajul EDISON pentru calculatoarele Felix C și Felix M de către colectivul Horia Ciocârlie, Petru Eleș.

Lucrarea, *Sistem de conducere cu calculatorul a unei magazii paletizate* a fost distinsă cu Premiul Academiei Române în anul 1987.

În anul 1986 s-a proiectat și realizat calculatorul TIM-S, sub conducerea prof. Crișan Strugaru și colectivul de cercetare: Dumitru Pănescu, Mircea Popa, Cezar Morun. Calculatorul personal TIM-S a intrat în producție de serie la Fabrica de Memorii Timișoara.

În cadrul Universității Tehnice din Timișoara, în anul 1990 s-a înființat Facultatea de Automatică și Calculatoare și catedrele de „Calculatoare” și de „Automatică”. Catedra de Calculatoare era condusă de prof. Crișan Strugaru. Ulterior timp de 24 de ani catedra a fost condusă de Vladimir Crețu, membru al Academiei de Științe Tehnice din România.

În 1992, în cadrul unui proiect TEMPUS s-a creat nodul și rețeaua internet a Universității, sub conducerea lui prof. Ioan Jurca, decanul facultății de Automatică și Calculatoare, care ulterior a devenit un nod important al rețelei academice din România, RoEduNet.

Centrul de Cercetare Științifică în Automatică și Calculatoare ia ființă în anul 2001, iar în anul 2011 Centrul de Cercetare în Calculatoare și Tehnologia Informației, condus de Ștefan Preitl și Vladimir-Ioan Crețu. Din 2011 s-a înființat Centrul de Cercetare în Calculatoare și Tehnologia Informației al Universității „Politehnica” din Timișoara.

Programe de studii cu predare în limba engleză apar în 2001: studii aprofundate Embedded Systems și în 2008 programele de master Computer Engineering, Software Engineering și Information Technology. Din anul 2012 specialitatea de Calculatoare se predă și în limba engleză.

Departamentul de Calculatoare școlarizează peste 1800 de studenți în programele de studii Licență și Masterat.

Mai mulți membri ai catedrei au fost aleși în cadrul Academiei de Științe Tehnice din România: Ioan Jurcă, Vladimir Crețu, Crișan Strugaru.

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA

Catedra de Calculatoare s-a înființat în anul 1990 având ca șef de catedră pe prof. dr. **Ioan Alfred Leția**, care a condus catedra timp de 10 ani. În perioada 2000–2004 șef de catedră a fost prof. dr. ing. **Sergiu Nedevschi**, 2004–2005 prof. dr. ing. **Kalman Pusztai**, iar din 2005 prof. dr. ing. **Rodica Potolea**.



A. Leția



K. Pusztai



S. Nedeveschi



R. Potolea

Primele cursuri din domeniul calculatoarelor au fost predate începând cu anul 1970, de menționat fiind: Programarea Calculatoarelor, Calculatoare electronice și Utilizarea calculatoarelor. [UTCN 1]



Sediul Departamentului de Calculatoare din UTCN.

Institutul de Calcul, filiala ITC Cluj, Centrul Teritorial de Calcul, au reprezentat adevărate pepiniere pentru cadrele didactice cu specialitatea automatizări și calculatoare din Universitatea Tehnică din Cluj. În 1976 s-a înființat filiala IPA sub conducerea prof. dr. Marius Hângănuț. A fost o perioadă de restructurări a catedrelor; astfel, în 1977, la Facultatea de Electrotehnică apare secția de Automatică și Calculatoare. Întregul colectiv a fost preocupat de predarea disciplinelor de specialitate atât de hardware cât și de software, de publicarea unor cărți de specialitate, de dotarea laboratoarelor și amenajarea unui nou sediu. O contribuție importantă au avut prof. dr. Ioan Dancea, Ioan Alfred Leția, Kalman Pusztai și Iosif Ignat.

Grupul de calculatoare a fost înființat în 1982, sub conducerea lui Ioan Alfred Letia și a inclus pe: Kalman Pusztai, Ignat Iosif, Sergiu Nedeveschi, Ioan Salomie, Dorian Gorgan și Vasile Dădârlat.

Prof. dr. Ioan Alfred Leția și prof. dr. Kalman Pusztai sunt numiți în calitate de conducători de doctorat. În 1996 a devenit conducător de doctorat și prof. dr. ing. Iosif Ignat.

Profesorul Kalman Pusztai a introdus primul curs de rețele de calculatoare, în programa de învățământ din Universitatea Cluj-Napoca. În anul 1993 s-a făcut prima legătură internațională a universității la INTERNET pe ruta UTCN-UPB – Universitatea Politehnică din București, pe o linie închiriată cu 2 fire, protocol Slip și o legătură UTCN-UPB-ICI București pe linie închiriată cu 4 fire, protocol X25. În aceeași perioadă s-a făcut legătura pe o linie închiriată de 9,6 Kbps, pentru utilizarea e-mailului. Anul 1994, s-a înființat Secția de calculatoare cu predare în limba engleză și a început derularea programului TEMPUS. Un an mai târziu s-a autorizat să funcționeze provizoriu Facultatea de Automatică și Calculatoare cu specializarea de Automatică și informatică industrială și specializarea de Calculatoare, ambele cu predare atât în limba română, cât și în limba engleză și colegiu cu specializarea Tehnică de calcul. În anul 1998, sub conducerea prof. dr. ing. Kalman Pusztai s-a înființat nodul regional Cluj al RoEduNet. Un an mai târziu s-a inaugurat prima rețea metropolitană academică din România, rețeaua CAMAN (Cluj Academic Metropolitan Area Network). S-a înființat Centrul de Cercetare Tehnici evaluate în tehnologia informației având ca director pe prof. dr. ing. Kalman Pusztai. Sub coordonarea prof. dr. ing. Sergiu Nedevschi s-a înființat Centrul de Cercetare Prelucrarea Imaginilor și Recunoașterea Formelor și s-a început o cercetare în colaborare cu firma Volkswagen AG și cu firma Robert Bosch GMBH. Din anul 2006, în fiecare an se organizează sub coordonarea prof. dr. ing. Sergiu Nedevschi, prof. dr. ing. Ioan Alfred Leția și prof. dr. ing. Rodica Potolea conferința internațională IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP). Ca o recunoaștere a activității depuse prof. dr. ing. Alfred Leția și Sergiu Nedevschi au fost aleși membri corespondenți ai Academiei de Științe Tehnice din România. Prof. dr. ing. Sergiu Nedevschi a primit, în 2011, Premiul Constantin Budeanu al Academiei Române și a devenit membru corespondent al Academiei Române din anul 2016. Departamentul de Calculatoare din Universitatea Tehnică Cluj-Napoca este unul din centrele importante de formare a tinerilor ingineri în domeniul calculatoarelor. Se școlarizează peste 1 600 de studenți în programele de studii de la Licență și cca 200 de studenți în programele de studii de Masterat.

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN IAȘI

Catedra de Calculatoare din Universitatea Tehnică Iași a fost înființată în anul 1990 având ca șef de catedră pe prof. **Alexandru Valachi**.

Primele cursuri de calculatoare s-au introdus începând cu anul 1963 la Facultatea de Electrotehnică. [UTI 1]

Nina Poată este considerată inițiatora școlii de Calculatoare din Iași și autoarea primului manual, din domeniu, în limba română, *Calculatoare și Programare*

(1968). A fost prima femeie profesor de profil electric din învățământul superior tehnic ieșean. Ținând cont de dezvoltarea domeniului și având experiență câștigată, în anul 1977, se organizează un program de școlarizare separat de automatizări și calculatoare.



N. Poetă



A. Valachi



P. Cașcaval

În anul 1990 s-a înființat Facultatea de Automatică și Calculatoare cu Catedra de Automatică și Informatică Industrială (acum catedra Automatică și Informatică Aplicată) și Catedra de Calculatoare. La conducerea facultății s-au aflat, în calitate de decani, profesorii Corneliu Huțanu, Mihail Voicu, Dan Gâlea, Vasile Ion Manta și Corneliu Lazăr.



Sediu Departamentului de Calculatoare din UT Iași.

Catedra de Calculatoare a fost condusă de prof. **Alexandru Valachi** (1990–2005) și de prof. **Petru Cașcaval** din anul 2005.

Din septembrie 1998, Facultatea de Automatică și Calculatoare își are sediul într-o clădire nouă și dispune de o infrastructură modernă, la nivelul standardelor europene.

De menționat preocuparea cadrelor didactice Florin Gheorghe Pantilimonescu și Dan Marius Dobrea de a pregăti studenții pentru a participa la concursuri naționale și internaționale organizate în domeniul calculatoarelor. În 2007, echipa AETHER, coordonată de către prof. dr. ing. Florin Gheorghe Pantilimonescu a ocupat locul al doilea în Correea de Sud. Rezultate bune s-au obținut la concursul Imagine Cup, secțiunea Embedded Development – locul III (2011).

Tematicile de cercetare sunt orientate către: Modele de calcul cuantic; Implementări ale unor algoritmi cuantici în QCL; Biblioteca de modele comportamentale pentru agenți inteligenți cu utilizare în inginerie și management; Soluție integrată e-health de monitorizare a parametrilor vitali la pacienții cu afecțiuni cronice – SIMPA; Server web dotat cu celule de procesare active pentru monitorizarea continuă a calității aerului ambient și comunicația cu rețele europene similare, CALIST, Prototip de sistem pentru gestiunea dinamică a resurselor distribuite în mobile computing folosind agenți inteligenți; Simulator multisenzorial pentru navigarea în universuri virtuale, bazat pe tehnologiile realității virtuale.

În domeniul calculatoarelor sunt școlarizați peste 800 de studenți în programele de studiu de Licență și cca 200 în programele de Masterat.

UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA

Catedra de Calculatoare a fost înființată în anul 1990 și a fost condusă de șl. dr. ing **Oleg Cernian**, între anii 1990 și 1996 și prof. Gheorghe Marian între anii 1996–2000. În anul 2000, Catedra de Calculatoare se împarte în două catedre: Catedra de inginerie software, și Catedra de ingineria calculatoarelor și comunicațiilor. În perioada 2000–2004, șef de catedră la Catedra de inginerie software a fost prof. dr. ing. Mircea Petrescu, iar la Catedra de ingineria calculatoarelor și comunicațiilor a fost conf. Dan Mancaș. [UCv 1]



Oleg Cernian



Gh. Marian

Între anii 2004 și 2011, cele două catedre au fost coordonate de către următorii șefi de catedră: Catedra de inginerie software: prof. dr. ing. **Dumitru**

Dan Burdescu, Catedra de ingineria calculatoarelor și comunicațiilor: prof. dr. ing. **Gheorghe Marian**.

Departamentul de Calculatoare și Tehnologia Informației ia naștere în 2011, ca urmare a fuziunii celor două catedre de calculatoare, șef de departament fiind **Marius Brezovan**.



D. Burdescu



M. Brezovan

În anul 1976 s-a înființat secția de Automatizări și Calculatoare. Studenții puteau opta pentru automatică sau calculatoare din anul trei de studiu. Primii profesori ai Catedrei de Automatică, care au predat materii de calculatoare au fost Oleg Cernian (Analiza și sinteza dispozitivelor numerice, Calculatoare numerice), Gheorghe Marian (Programarea calculatoarelor, Limbaje de asamblare, Compilatoare) și Ioan Caușil (Modelare și simulare). Prima grupă de Calculatoare termină facultatea în 1980. Zece ani mai târziu se înființează Facultatea de Automatică și Calculatoare și odată cu ea s-au creat trei catedre: Catedra de Automatică, Catedra de Calculatoare și Catedra de Măsurări electrice și electronică.



Sediul Departamentului de Calculatoare din UCv.

Specializarea în calculatoare se dezvoltă astfel că, în anul 1993, apare și specializarea în calculatoare cu predarea în limba engleză. Un an mai târziu se

autorizează Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică, cu trei specializări: Automatică și informatică industrială, Calculatoare și Calculatoare cu predare în limba engleză. La Calculatoare erau două opțiuni ale specializării în calculatoare: Inginerie software și ingineria calculatoarelor și comunicațiilor, ceea ce a condus la existența a două catedre Catedra de inginerie software și Catedra de ingineria calculatoarelor și comunicațiilor.

Catedra de Ingineria Calculatoarelor și Comunicațiilor a fost implicată în diverse programe internaționale de schimb de experiență și dezvoltare, proiectul European TEMPUS 12132/INCOT având parteneri din Universități și Centre de Cercetare din Germania, Grecia, Irlanda, Portugalia, Italia, Letonia, Suedia, Olanda.

În anul 2001 se înființează Centrul de cercetare/dezvoltare de aplicații, director prof. Dumitru Dan Burdescu. Departamentul de Calculatoare are următoarele direcții de cercetare: Aplicații multimedia în medicină, Sisteme informatice pentru e-Learning, Sisteme inteligente distribuite și Proiectarea sistemelor cu microprocesoare

În domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației se școlarizează peste 700 de studenți în programele de studii de Licență și cca 250 în programele de Masterat.

PIONIERII REALIZĂRII DE ECHIPAMENTE DE CALCUL ÎN ROMÂNIA

Considerăm că numele fiecărui specialist care a lucrat în domeniu, în ultimii 60 de ani, face parte din istoria scurtă, dar foarte dinamică a echipamentelor de calcul.

Același gând i-a animat și pe autorii M. Guran – istoria Institutului Național de Cercetare–Dezvoltare în Informatică, I. Miu – istoria IIRUC, I. Dumitrache – File de Istorie 195 de ani în Universitatea Politehnica din București care au consemnat lista personalului care a lucrat în institutele respective sau pe Viorel Darie, în cartea *Amintiri din epoca FELIX a calculatoarelor românești*, când face o scurtă descriere a fiecărei persoane care a lucrat la ITC.

Pentru istorie, totuși, este mai bine să facem câteva exemplificări.

VICTOR TOMA

Absolvent al Facultății de Electronică în 1946, se angajează ca asistent universitar la UPB și efectuează o specializare la Tesla Praga, în perioada 1948–1950. Din 1950 până în 1968 este șef de laborator la Institutul de Fizică Atomică de la Măgurele.

Preocupările din anii 1945–1955 din domeniul construirii calculatoarelor, pe plan internațional, au făcut ca și în România, la Institutul de Fizică Atomică, să se dezvolte cercetări în domeniu. **Victor Toma**, împreună cu colectivul pe care l-a condus, a proiectat și a construit calculatorul CIFA1. Acesta, în anul 1955, la Târgul de la Dresda, a fost prezentat și a fost pus în funcțiune în 1957. A fost primul



V. Toma

fost ales membru de onoare al Academiei Române. A fost decorat cu Ordinul Național Pentru Merit în grad de Cavalier.

calculator din Europa răsăriteană și în același timp România a devenit a opta țară din lume producătoare de calculatoare. Pe baza experienței acumulate s-a realizat, doi ani mai târziu, CIFA2 și CIFA3 pentru Centrul de calcul al Universității București în 1961 și ulterior CIFA4. Odată cu apariția tranzistoarelor a realizat Calculatorul CET500 în anul 1964, fiind primul calculator de acest gen din țară. Pe aceste calculatoare se rulau programe în cod mașină ce rezolvau probleme tehnico-științifice. Din 1968 până în 1988 și-a continuat activitatea la Institutul de Tehnică de Calcul, în calitate de director adjunct științific, șef de secție. A fost autorul a peste 50 de lucrări. A fost unul dintre pionierii din domeniul calculatoarelor de la noi din țară.

ALEXANDRU ROGOJAN



A. Rogojan

În anul 1941, **Alexandru Rogojan** a absolvit Facultatea de Electrotehnică a Școlii Politehnice din Timișoara. Din 1943 a lucrat la CFR, Secția de Telecomunicații din Arad. Aici a lucrat până în 1951, timp în care a făcut mai multe inovații, a făcut un laborator de telecomunicații, a înființat trei școli pentru perfecționarea inginerilor și tehnicienilor, unde a lucrat ca profesor. Din anul 1948 este și profesor la Facultatea de Electrotehnică a Institutului Politehnic Timișoara. Patru ani mai târziu este desemnat șeful catedrei de Măsurile Electrice. În paralel cu activitatea de profesor a făcut mai multe inovații și lucrări de cercetare. A realizat prima memorie cu ferite din țară. În anul 1965 s-a preocupat de înființarea unei grupe cu specialitatea de Calculatoare electronice și a devenit șeful catedrei de Electronică și Calculatoare. Datorită activității sale s-a înființat secția de Calculatoare, prima cu acest profil din țară. Catedra se transformă și în 1967 s-a înființat Catedra de Calculatoare, Electronică și Automatică și, în 1972, s-a înființat Catedra de Calculatoare, fiind primul șef de catedră. Din 1966 a primit dreptul de a conduce lucrări de doctorat. A dus o muncă susținută pentru crearea calculatorului CETA, pe care l-a finalizat în 1972. În 1974 și-a susținut teza de doctorat, conducător de teză fiind prof. Edmond Nicolau.

A avut o preocupare continuă pentru a crea condiții propice studenților, pentru a învăța, pentru a deveni buni ingineri. Ca o recunoaștere a activității depuse de prof. Alexandru Rogojan, concetățenii și urmașii în domeniu, au făcut un gest ce trebuie apreciat, au dat numele său unei străzi din Timișoara, unui concurs și unui amfiteatru din cadrul Politehnicii din Timișoara.

ADRIAN PETRESCU

Adrian Petrescu a fost profesor la Universitatea Politehnică din București, a fost un bun organizator și un spirit inovator. A absolvit, în 1959, Facultatea de Electronică industrială. Se dedică profesiei de cadru didactic universitar. Din 1964 este doctor inginer în specialitatea calculatoare. În această perioadă în cadrul unui colectiv a conceput și realizat calculatorul analogic MAC1 cu tuburi electronice. În 1967 este prodecan al proaspetei Facultăți de Automatică. În același an, Facultatea de Automatică are și Secția de Calculatoare. Doi ani mai târziu a fost un susținător a înființării Catedrei de Calculatoare. Din 1972 a devenit conducător de doctorat și în 1976 a obținut titlul de profesor. A fost inițiatorul proiectării și realizării în producție de serie a primelor sisteme bazate pe microprocesoare, în țara noastră.



A. Petrescu

Împreună cu alți colegi din catedră a realizat primul microcalculator MC1, în anul 1972.

Sub coordonarea lui Adrian Petrescu, la nivel de prototip și apoi au intrat în fabricație de serie la Fabrica de Calculatoare FELIX, următoarele microcalculatoare:

- Microcalculatorul FELIX MC-8, bazat pe microprocesorul INTEL 8008 realizat în 1974 și pentru care a luat premiul Traian Vuia al Academiei Române în 1977;
- seria de microcalculatoare FELIX M18, M18B, M118, bazată pe microprocesorul INTEL 8080, realizate în 1976, 1978 și 1980;
- seria de microcalculatoare FELIX M216, PC, bazată pe microprocesorul INTEL 8080 și 8086, realizate în 1982 și 1984;
- AMIC, HC85 bazate pe microprocesorul Z80, realizate în 1984 și 1985.

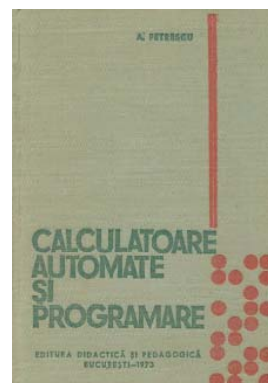
Microcalculatoarele din familia FELIX, prin caracteristicile lor, au facilitat rezolvarea multor probleme la nivel de instituții și au făcut parte din dotarea a sute de întreprinderi.

Calculatoarele AMIC și HC85 au fost concepute să fie utilizate în școli și pentru uz personal, ca echipament pe care se poate învăța programare în BASIC și PASCAL.

A predat cursurile: Calculatoare Numerice, Structura Sistemelor Numerice, și a introdus pentru prima dată în România cursurile de Structuri VLSI, Structuri Avansate VLSI.

În anul 1973, a scris cartea de *Calculatoare Automate și Programare* care a fost suportul de curs a multor generații de studenți din întreaga țară.

Pe lângă activitatea de cercetare și concepție a deținut, în perioada 1973–1985, funcția de șef de catedră. În domeniul calculatoarelor, domeniu ce se dezvoltă foarte rapid, a împărtășit din cunoștințele acumulate fiind autorul a peste 140 de articole, a 20 de cărți și a 7 cărți traduse.



Pentru activitatea depusă a fost decorat cu Ordinul Pentru Merit, în grad de Cavaler și i s-a acordat titlul de doctor Honoris Causa al Universității din Craiova, în 1999. A fost membru titular al Academiei de Științe Tehnice din România.

A avut o contribuție importantă în evoluția domeniului calculatoarelor în România atât ca profesor, prin formarea de noi generații de specialiști, cât și ca inginer cercetător și inovator prin crearea de noi tipuri de calculatoare ce a permis evoluția în domeniu, la noi în țară.

VASILE BALTAC



Baltac Vasile

Vasile Baltac a absolvit facultatea în 1962, la Institutul Politehnic Timișoara. În calitate de cadru didactic și cercetător a contribuit la realizarea MECIPT, din 1962 până în 1968, primul calculator din domeniul academic din România. Se mută la Institutul de Tehnică de Calcul din București în calitate de director științific și director general. Din 1981–1989 este secretar de stat timp de patru ani și apoi director general al Centralei Industriale de Electronică și Tehnică de Calcul. Susține teza de doctorat în 1972 și în 1996 devine profesor titular. În 1986 a primit Premiul Academiei Române. A ocupat, între 1990–1994, funcțiile de adjunct al ministrului și ministru al Industriei Electrotehnice, secretar de stat în Ministerul Industriei. Din 1996 este președintele grupului de firme SoftNet care sunt specializate în tehnologia informației. Este autorul a peste 20 de cărți și 100 de articole. În anul 2003 a fost decorat cu Ordinul Național Pentru Merit în grad de Cavaler. A îmbinat activitatea de cercetare cu cea de conducere și didactică.

BIBLIOGRAFIE

CIFA

- [CIFA 1] Baltac Vasile, *Pionieratul Calculatoarelor în România și Nașterea unei Industrii de Profil*, Simpozionul Pionierii Informaticii Romanesti, Universitatea Agora Oradea, 8 Decembrie 2007.
- [CIFA 2] *Realizarea de calculatoare și rețele de calculatoare in Romania (1953–1985)* Acad. Mihai Draganescu – 18 decembrie 2001, <http://www.atc.org.ro/ktml2/files/uploads/Draganescu.pdf>.
- [CIFA 3] *Istoria informaticii în România*, Wikipedia, enciclopedia liberă. https://ro.wikipedia.org/wiki/Istoria_informaticii_%C3%AEn_Rom%C3%A2nia.

MECIPT

- [MECIPT 1] Baltac Vasile, *Calculatoarele electronice în România: de la MECIPT la industria de tehnică de calcul*.

[MECIPT 2] Baltac Vasile, *MECIPT – Masina Electronica de Calcul a Institutului Politehnic din Timisoara*, Evocari și Documente, <http://www.atice.org.ro/ktml2/files/uploads/MECIPT-IPT.pdf>.

[MECIPT 3] *MECIPT*, <https://ro.wikipedia.org/wiki/MECIPT>.

DACICC

[DACICC 1] Azzola B., Farkas Gh., Bocu M., *Dispozitiv aritmetic serie cu ferite, tranzistori și tuburi electronice pentru mașina electronică de calcul DACICC-1*, Sesiunea de Comunicări a Comisiei de Automatizare a Academiei R.S.R., București, 1963.

[DACICC 2] DACICC-1, *Dispozitiv Automat de Calcul al Institutului de Calcul Cluj*, <https://ictp.acad.ro/ro/dacicc-1-ro/>.

[DACICC 3] Vasile Rus, *Fondarea Informaticii Clujene*, ISBN 973-9215-53-X, Cluj-Napoca 1997.

ELECTROINTEGRATOR

[INTEGRATOR 1] A. Petrescu, I. M. Tetelbaum, M. M. Maximov, *Raport de cercetare*, Tema 170/1963, VNII Moscova, 1963.

[INTEGRATOR 2] A. Petrescu, *Modelarea cu ajutorul rețelelor electrice a curgerii lichidelor incompresibile prin medii poroase neomogene în condițiile acțiunii forței gravitației*, *Automatica și Electronica*. 8. nr. 3/1964, p. 97–104.

[INTEGRATOR 3] A. Petrescu, *Electrointegrator pentru soluționarea ecuațiilor diferențiale cu derivate parțiale de tip eliptic*, *Automatica și Electronica* 10. nr. 1/1966. p. 18–21.

MAC1

[MAC1 1] P. Dimo, I. Sipos, *Les Amplificateurs Operationnels de la Machine Analogique a Calculer MAC-1*, *Buletinul Institutului Politehnic București*, Tomul XXIX, Nr. 2, Martie–Aprilie 1967, p. 121–126.

[MAC1 2] A. Petrescu, *Sistema Upravlenii Analogovoi Vacislitelnoi Masina MAC-1*, *Buletinul Institutului Politehnic București*, Tomul XXVIII, Nr. 6, Noiembrie–Decembrie, 1966, p. 107–111.

[MAC1 3] A. Petrescu, *Elemente neliniare pentru calculatoarele analogice realizate cu diode Zenner*, *Automatica și Electronica*, Vol. 12, Nr. 1, Ianuarie–Februarie 1968, p. 1–6.

[MAC1 4] A. Petrescu, C. Nitu, *Modelarea pe calculatoare analogice a sistemelor automate cu structura variabila*, *Automatica și Electronica*. Vol. 11. Nr. 6. Noiembrie–Decembrie. 1967. p. 243–247.

CET500

[CET500 1] *Istoria informaticii în România*, https://ro.wikipedia.org/wiki/Istoria_informaticii_%C3%AEn_Rom%C3%A2nia.

[CET500 2] CV al ing. V. Toma, *ACADEMIA ROMÂNĂ*, Secția de Știința și Tehnologia Informației, http://www.academiaromana.ro/sectii/sectia14_informatica/doc/rez_vtoma.doc.

[CET500 3] *Primele calculatoare create de un roman*, <http://www.descopera.ro/cultura/15073765-primele-calculatoare-create-de-un-roman>.

DACICC 200

[DACICC200 1] Farkas Gh., Bocu M., *Asupra proiectului calculatorului DACICC-200*, Sesiunea de Comunicări a Institutului Politehnic Timisoara, Timisoara, 28 mai 1967.

[DACICC200 2] Grigor, Moldovan, *Calculatoarele DACICC de la Cluj-Napoca*, *Revista Market Watch*, nr. 106, (Iunie 2008).

[DACICC200 3] Vasile Rus, *Fondarea Informaticii Clujene*, ISBN 973-9215-53-X, Cluj-Napoca, 1997.

CETA

[CETA 1] *Semicentenarul primei Școli de calculatoare din România la Politehnica din Timișoara (1966–2016)*, <http://cs.upt.ro/50ani/istoric.html>.

[CETA 2] Alexandru Rogoian, <http://www.prof-dr-alexandru-rogoian.org/index.htm>.

[CETA 3] *CETA*, <https://ro.wikipedia.org/wiki/CETA>.

MC1

- [MC1 1] A. Petrescu, N. Țăpuș, T. Moisa. *A Data Collection and Pre-processing Microcomputer System*, Modern Trends în Cybernetics and Systems, Vol. 3, Springer Verlag, 1975, p. 467–469.
- [MC1 2] A. Petrescu, *Microprogramare. Principii și Aplicații*, Editura Tehnică, 1975.
- [MC1 3] A. Petrescu, *Calculatoare Automate și Programare*, Ed. II-a, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1974.

MC8

- [MC8 1] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș, Aurel Cirstoiu, *Unele rezultate privind folosirea microcalculatorului MC3 pentru conducerea proceselor tehnologice*, Academia Română, Comisia de automatizări, 6–7 decembrie 1976, București.
- [MC8 2] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș, *Sistem de calcul Felix MC8*, A doua Conferință de sisteme automate și informaționale în industrie, 27–29 aprilie 1977, București.
- [MC8 3] R. Savulian, C. Beschea, Mariana Țăpuș, V. Iacob, Gh. Marin, *Inregistratoare de evenimente cu microcalculator la CTE Rovinari*, Energetica, nr.10 octombrie 1981.

M18

- [M18 1] A. Petrescu, T. Moisa, N. Țăpuș, A. Gayraud, C. Botez, *Microcalculatoarele FELIX M18, M18B M118*, Vol. 1. Editura Tehnică, 1984, București.
- [M18 2] A. Petrescu, T. Moisa, N. Țăpuș, M. Brozici, C. Petrescu, V. Lungu, C. Berbec, Th. Balan, M. Hanganut, D. Gheorghiu, D. Popescu, Gh. Petrescu, A. Predoi, *Microcalculatoarele FELIX M18, M18B M118*, Vol. 2, Edit. Tehnică, 1984, București.

INDEPENDENT

- [I100 1] V. Darie, *Amintiri din epoca FELIX a calculatoarelor românești*.
- [I100 2] V. Geantă, *Independent 100 realizare a ITC*.
- [I100 3] Victor Megheșan, *Cele doua decenii ale industriei de calculatoare românești*, http://www.marketwatch.ro/articol/3824/Cele_doua_decenii_ale_industriei_de_calculatoare_romanesti/.

DIAGRAM

- [DIAGRAM 1] Sanda Maican, V. Dinca, I. Maican, V. Maican, D. Popescu, Gh. Stefan, *Sistem color DIAGRAM 2030*, în INFOTEC 1986.
- [DIAGRAM 2] Sanda Maican, I. Maican, V. Maican, Gh. Stefan, *DIAGRAM 2020 – probleme legate de realizarea unui terminal grafic de pret redus*, în Proc. of the CAS-ICCE, 1983.
- [DIAGRAM 3] Sanda Maican, C. Baleanu, I. Maican, V. Maican, Gh. Stefan, D. Tomescu, *Familia de sisteme grafice DIAGRAM*, în Aplicațiile calculatoarelor, Targu-Mures, 1981.

ECAROM

- [ECAROM 1] Luiza Sandu, *Scurtă istorie a informaticii românești (1957–1990)*, Market Watch Mai–Iunie 2014, Nr. 165, Industry watch.
- [ECAROM 2] Țăpuș Marin, Dragomirescu Tudora, Georgescu Vasile, *DOLJCHIM Craiova, Sistem de programme și echipamente pentru calculul cantităților de abur, Metode și echipamente pentru măsurarea și gestiunea energiei*, Societatea pentru Optimizarea Consumurilor Energetice din Romania, iunie 1991.

SPOT

- [SPOT 1] M. Suciu, D. Popescu, T. Ionescu, *Microprocesoare, microcalculatoare și roboți în automatizări industriale*, Ed. Tehnică, București, 1986, p. 169–175.
- [SPOT 2] http://www.psihologiaonline.ro/download/rev/ST/ST_1989_12.pdf.
- [SPOT 3] Mihai Semedrea, Radu Savulian, Mariana Țăpuș, *Simulateurs d'entrainement pour les centrales thermo-electriques*, Buletinul Institutului de Studii și Proiectări Energetice, nr. 1, 1984.
- [SPOT 4] Mariana Țăpuș, S.St. Iliescu, D. Mihoc, I. A. Badea, *Conducerea cu calculator a unei centrale hidroelectrice, Unele aspect ale conducerii centralelor hidroelectrice*, Buletinul Institutului Politehnic București, Seria Automatică-Calculatoare TOMUL XLI, anul 1989.

[SPOT 5] ISPE București ing. Mariana Țăpuș, ICE București ing. M. Brozici, *Controlor logic la o centrală hidroelectrică*, Realizări și perspective în proiectarea energetică românească, 1989.

M216

[M216 1] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș, *Sistem de dezvoltare M216*, Conferința Națională de Electronica, Telecomunicații, Automatică și Calculatoare, 17–19 noiembrie 1982, București.

[M216 2] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș ș.a., *M216 microcalculator din generația a III-a; stadiu și perspective*, Simpozion de Microprocesoare, Microcalculatoare și Aplicații, 18–19 noiembrie 1983, București.

Felix-PC

[Felix-PC 1] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș, Irina Athanasiu, ș.a., *Sistemul de calcul FELIX PC*, Conferința Națională de Electronica, Telecomunicații, Automatică și Calculatoare 15–17 noiembrie 1984, București.

[Felix-PC 2] Adrian Petrescu, Trandafir Moisa, Nicolae Țăpuș, Irina Athanasiu, ș.a., *Structura și arhitectura microcalculatorului FELIX-PC*, 6-th International Symposium on Control Systems and Computer Science, 22–25 mai 1985, București.

DIALISP

[DIALISP 1] Gheorghe Ștefan, Aurel Paun, Andy Birnbaum, Virgil Bistriceanu, *DIALISP – a LISP Machine*, în *Proceedings of the ACM Symposium on LISP and Functional Programming*, Austin, Texas, Aug. 1984, p. 123–128.

[DIALISP 2] Ștefan, G., Bistriceanu, V., Paun, A., *Catre un mod natural de implementare a Lispului*, comunicare la Al doilea Simpozion Național de Inteligență Artificială organizat de Academia RSR, Sept. 1985; publicat în *Sisteme de Inteligență Artificială*, Ed. Academiei Române, 1991.

[DIALISP 3] Gheorghe Ștefan, *Masina DIALISP – o realizare cu efecte intarziate*, 16 mai 2002, <http://users.dcae.pub.ro/~gstefan/2ndLevel/technicalTexts/masinaDialisp.pdf>.

aMIC

[aMIC 1] A. Petrescu, F. Iacob, Gh. Rizescu, C. Novacescu, E. Decsoy, T. Ilin, F. Bar, R. Berindeanu, D. Panescu, *Totul despre... Calculatorul personal aMIC*, Vol. 1, Editura Tehnică București, 1985.

[aMIC 2] A. Petrescu, F. Iacob, Gh. Rizescu, C. Novacescu, E. Decsoy, T. Ilin, F. Bar, R. Berindeanu, D. Panescu, C. Constantinescu, I. Petrescu, A. Matekovits, *Totul despre... Calculatorul personal aMIC*, Vol. 2, Editura Tehnică București, 1985.

HC85

[HC85 1] A. Petrescu, N. Țăpuș, T. Moisa, Gh. Rizescu, V. Harabor, M. Marsanu, T. Mihu, *abc de CALCULATOARE PERSONALE și ...nu doar atit...*, Vol. 1, Editura Tehnică, București, 1990.

[HC85 2] A. Petrescu, Gh. Rizescu, N. Țăpuș, T. Moisa, P. Zamfirescu, V. Cososchi, M. Marsanu, E. Dobrovie, N. Badea, C. Harabor, *abc de CALCULATOARE PERSONALE și ...nu doar atit...*, Vol. 2, Editura Tehnică, București, 1990.

PRAE

[PRAE 1] Revista Știință și tehnică, nr. 2 din februarie 1984.

[PRAE 2] Calculatorul, nimic mai simplu!, supliment al revistei Știință și tehnică, 1986.

[PRAE 3] Automatică, management, calculatoare, vol. 51, Editura Tehnică, București, 1985.

[PRAE 4] <http://enciclopediaromaniei.ro/wiki/PRAE>.

TIM-S

[TIMS 1] Revista INF – buletin al Clubului Programatorilor nr. 1/1988.

[TIMS 2] Semicentenarul primei Școli de calculatoare din România la Politehnica din Timișoara (1966–2016), <http://cs.upt.ro/50ani/istoric>. Html.

CoBra

[CoBra 1] CoBra computer from the 90's, in original case to CoBra computer built in 2016, custom cases; <http://www.cobrasov.com/CoBra%20Project/index.html>.

[CoBra 2] CoBra și altele , Gh. Toașe, <http://cobrasov.com/CoBra%20Project/Docs%20Downloaded/ITCBrasov.pdf>.

HC88

[HC88 1] Romanian Home Computer; Romanian Home Computer, <https://sites.google.com/site/georgechirtoaca/home>.

[HC88 2] Manual de utilizare HC 2000, <http://blog.copcea.ro/files/z80/hc2000/docs/Manual%20HC2000.pdf>.

ICI

[ICI 1] Coordonator Marius Guran, Florin Gheorghe Filip, Ileana Trandafir, *25 DE ANI DE INFORMATICĂ*, septembrie 1995.

[ICI 2] Marius Guran, *ICI INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE ÎN INFORMATICĂ*, 2011.

IIRUC

[IIRUC 1] Ion Miu, *IIRUC SERVICE De la început până azi*, 2014.

UPB

[UPB 1] M. Petrescu, *Calculatoarele și Tehnologia Informației in Politehnica din București*, în volumul, *File de istorie 195 de ani în Universitatea Politehnică din București*, Editura Politehnica PRESS, 2014, Coordonatori Ioan Dumitrache, Ion M. Popescu.

[UPB2] *Departamentul de Calculatoare 1969–2014*, Universitatea Politehnica București, Facultatea de Automatică și Calculatoare, 2014.

[UPB3] *Calculatoare 45*, Universitatea Politehnica din București, mai 2009.

[UPB4] *File de Istorie*, Facultatea de Automatică și Calculatoare, Semicentenar.

UPT

[UPT 1] *Semicentenarul primei școli de calculatoare din România la Politehnica din Timișoara 1966–2016*, editura Orizonturi Universitare Timișoara, 2016.

UTCN

[UTCN 1] *50 de ani de învățământ superior de automatică și calculatoare în Cluj-sNapoca*, U.T.PRESS, 2015.

UTI

[UTI 1] *Departamentului de Calculatoare din cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare*, <http://www.dc.ac.tuiasi.ro/>.

UCv

[UCv 1] *40 de ani de învățământ superior de Calculatoare la Craiova*, http://ace.ucv.ro/pdf/stiri/2016/20161003_ACE_volum_omagial_automatica50_calculatoare40.pdf.

ARHIVE

[Arhive 1] [Arhivele Naționale 33/1967] *Programul de dotare a economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și prelucrarea datelor*, 21 iunie 1967.

LINUX

[LINUX 1] Jalobeanu Mihai Stanislav, *GNU/Linux in Education in Romania (2004)*, https://www.researchgate.net/publication/285004344_GNUlinux_in_Education_in_Romania_2004.

EXTRAS DIN: PROGRAMUL DE DOTARE A ECONOMIEI NAȚIONALE
CU ECHIPAMENTE MODERNE DE CALCUL ȘI PRELUCRAREA DATELOR

În perioada 1965–1967 au fost întreprinse o serie de măsuri pe linia introducerii în economia națională a mijloacelor moderne de calcul și de prelucrarea datelor.

A fost lansat programul de dotare a economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și prelucrarea datelor, 21 iunie 1967 [Arhivele Naționale 33/1967].

Este prezentat **un extras din acest program** care se afla la Arhivele Naționale, care subliniază anvergura activităților de introducere la nivel național a tehnologiei informației cu toate aspectele sale: Producție, Cercetare și Învățământ.

„În acea perioada specialiști în construcția și utilizarea mijloacelor de calcul, reprezentanți ai unor ministere și organizații centrale, instituții de cercetare științifică și de învățământ, au vizitat principalele țări dezvoltate ale lumii: Anglia, Franța, R.D.Germană, R.F. a Germaniei, Italia, Japonia, Statele Unite ale Americii, Suedia, U.R.S.S. Scopul acestor deplasări a constat în documentarea asupra diferitelor aspecte ale tehnologiei de fabricație și organizării producției echipamentelor de calcul, întreținerii lor, utilizării lor în diferite domenii de activitate, precum și în identificarea posibilităților de achiziționare și de producție prin cooperare a mijloacelor de calcul. Cu ocazia deplasărilor efectuate au fost vizitate 48 firme producătoare de utilaj de calcul, cu ai căror reprezentanți au fost purtate discuții. Delegațiile au întocmit elaborat **concepția generală privind introducerea echipamentelor moderne de calcul în economia românească** și s-a propus:

- dotarea cu echipamente pentru perioada 1968–1970, cu o evaluare orientativă pentru perioada următoare pînă în anul 1975;
- stabilirea tipurilor de echipamente de calcul care vor fi fabricate în țară, în cadrul unei dezvoltări generale a industriei de mecanică fină, de componente și ansamble electronice;
- organizarea cercetării științifice și legarea acesteia de necesitățile imediate ale producției și ale utilizării echipamentelor de calcul;
- asigurarea pregătirii cadrelor, ca element hotărâtor în realizarea programului.

Această concepție a impus ideea organizării fabricării în țară a principalelor tipuri de echipamente de calcul. Proiectul de program propus urmărește ca cercetarea științifică să aducă o contribuție substanțială la perfecționarea metodelor matematice utilizate în soluționarea problemelor economice și la extinderea folosirii în acest scop a mijloacelor moderne de calcul.

Proiectul de program pornește de la premisa că în perioada de început, 1967–1970, este necesar un efort deosebit care trebuie realizat prin utilizarea tuturor căilor posibile de **formare a cadrelor** și se propune a se trece la o pregătire sistematică privind domeniul tehnicii moderne de calcul, începând cu liceele și școlile tehnice și încheind cu învățământul universitar și postuniversitar.

S-a stabilit **programul privind dotarea economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și prelucrarea datelor** [extras din proiect 21 iunie 1967].

Deși România se situa în primele 8 țări care au proiectat calculatoare electronice, situația dotării cu calculatoare electronice era mult sub cea din țările occidentale.

În România revenea la fiecare mie de locuitori 3 mașini de birou cu 2 până la 4 operații, în timp ce acest indicator se ridica la 11 în Italia, la peste 13 în Franța și Republica Federală a Germaniei, la 30,7 în Danemarca și la 36 în Elveția. Dacă se iau în considerație atât calculatoarele existente, cât și cele pentru care sunt prevăzute în planul de fonduri de import, rezultă că dispune de 1,6 mașini la un milion de locuitori față de 22 în Italia, 32 în Franța, 46 în Republica Federală a Germaniei, 37 în Danemarca, 24 în Austria, 32 în Belgia, 10 în Grecia.

Ațiunea de introducere a mijloacelor tehnice moderne de calcul în economie, învățământ și cercetare științifică a constituit o preocupare primordială. Potrivit acestei concepții, se propune ca înzestrarea cu utilaje de calcul a economiei, în perioada 1968–1975, să fie realizată astfel:

- întreprinderile industriale urmează a fi înzestrate cu mașini de calculat de birou de toate categoriile, mașini pentru contabilizat și facturat. Un număr de 25 întreprinderi mari urmează să fie dotate cu calculatoare electronice pentru conducerea economică, iar alte 10 întreprinderi, cu calculatoare pentru conducerea proceselor tehnologice;

- se prevede, de asemenea, înființarea pînă în anul 1975 a unui număr de 150 centre subteritoriale de calcul și evidență, dotate cu mașini de contabilizat și facturat;

- în perioada 1968–1970 se propune înființarea primului centru de calcul electronic teritorial. Până în 1975 numărul acestora urmează să ajungă la 20, întregul teritoriu al țării având astfel o primă bază de prelucrare electronică a datelor.

- Rezultă că este necesară și oportună organizarea fabricației următoarelor echipamente de calcul:

- Mașini de calculat de birou electromecanice cu 2 și 5 operații, cu dispozitiv de imprimare.

- Mașini de calculat cu dispozitive electronice fără program cu 4 operații și posibilități de efectuare a unor operații suplimentare (ridicări la putere, extrageri de radicali).

- Mașini de calculat cu dispozitive electronice cu program.

Se prevede în anul 1970 montarea cu piese din import a 1 800 bucăți mașini de contabilizat și de facturat electronomecanice pe baza unui contract de cooperare cu o firmă de specialitate din străinătate.

Pentru asigurarea cercetării și proiectării de calculatoare electronice și mașini de calculat cu dispozitive electronice, programul prevede înființarea, în 1967, a **Institutului de Cercetări pentru Utilaj Electronic de Calcul**, cu sediul în București, transformat ulterior în Institutul de Tehnică de Calcul (ITC) prin reunirea colectivelor de cercetare de la Institutul de Fizică Atomică și Institutul de Proiectări pentru Automatizare, precum și prin transferarea altor specialiști din țară.

Pentru a se asigura includerea în planul de cercetări a unor probleme de perspectivă privind teoria limbajelor și programarea calculatoarelor electronice,

conceperea și experimentarea de noi dispozitive electronice funcționale, Consiliul Național al Cercetării Științifice va cere Academiei Republicii Socialiste România și Ministerului Învățământului să elaboreze propuneri privind tematica, baza materială și cadrele începând cu planul de cercetări pe anul 1968.

Se precizează faptul că dotarea economiei naționale cu echipamente de calcul și exploatarea lor corectă sunt condiționate într-o măsură importantă de existența cadrelor de specialitate.

Ținând seama de dimensiunile și structura dotării se estimează, pe baza studiilor elaborate, că până în anul 1970 ar fi necesar să fie pregătiți cel puțin: 100 analiști, 450 programatori cu studii superioare și medii, 100 ingineri electroniști pentru întreținere și construcție, 300 tehnicieni electroniști, 400 operatori pentru calculatoare electronice echipamente periferice și mașini de calcul cu dispozitive electronice.

Se propune ca Ministerul Învățământului, Ministerul Construcțiilor de Mașini și Consiliul Național al Cercetării Științifice să prevadă:

- specializarea de cadre de nivel superior în universități și centre de calcul din străinătate;

- transformarea actualului centru de calcul al Universității din București într-un centru metodologic al Ministerului învățământului; La centrul metodologic urmează să fie invitați specialiști străini, pentru a ține conferințe și cursuri;

- constituirea în anul universitar 1967–1968 la Institutul Politehnic din București a unei secții de specialitate în calculatoare electronice, iar în cadrul facultăților de matematică ale Universităților din Iași și Cluj a unor secții profilate pe programarea calculatoarelor electronice. La Institutul de Științe Economice ar urma să fie creată o secție de cibernetică economică, în profilul căreia să ocupe un loc important utilizarea calculatoarelor electronice;

- înființarea unei școli post medii de programatori, cu durata de 1–2 ani pentru absolvenții de liceu și de școli de specialitate cu aceeași durată, pentru pregătirea tehnicienilor de întreținere.

- **Ministerul învățământului urmează a face propuneri pentru:**

- dotarea sistematică cu aparatura necesară a catedrelor de electronică și a celor de specialitate din învățământul economic prin prevederea fondurilor necesare de import;

- introducerea, începând cu anul universitar 1967–1968, de cursuri sau capitole speciale privind programarea în limbaje universale, tehnici numerice de calcul și cercetarea operațională la facultăți al căror profil justifică această măsură;

- organizarea din anul universitar 1967–1968, în prima etapă pe lângă Centrul Metodologic de Calcul și pe lângă Centrul de Calcul Economic și cibernetică economică a unor cursuri postuniversitare profilate pe tehnica de calcul la care să participe specialiști din diverse ramuri industriale și din activitatea economică și științifică.

Colectivele de lucru care au pregătit rapoartele au fost:

Colectivul de sinteză: Mihai Drăgănescu – Consiliul Național al Cercetării Științifice; **Mircea Petrescu** – Secția Știință a Comitetului Central; **Iancovici Victor, Sucitulescu Nicolae** – Comitetul de Stat al Planificării; **Nicolae Costache** – Direcția Centrală de Statistică.

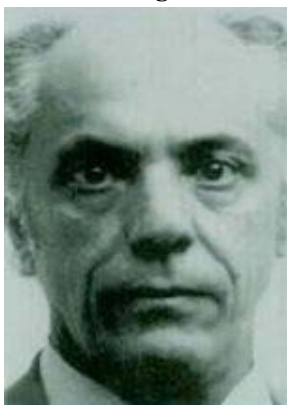


M. Drăgănescu



M. Petrescu

Colectivul pentru redactarea referatului privind utilizarea echipamentului de calcul, organizarea centrelor de calcul și a sistemelor de prelucrarea datelor:



Edmond Nicolau

Marinache Vasilescu – Direcția Centrală de Statistică; Emil Mănescu, Nicolae Sucitulescu – Comitetul de Stat al Planificării; Nicolae Costache – Direcția Centrală de Statistică; Toma Dimitrie – Banca Națională a R.S. România, Francisc Kaszoni, Claudiu Niculescu – Ministerul Industriei Construcțiilor de Mașini, Constantin Rusu, Dan Rădulescu – Ministerul Finanțelor, **Edmond Nicolau**, Vincențiu Dumitru – Centrul de calcul economic și cibernetică economică.

Colectivul pentru redactarea referatului privind fabricarea în țară a echipamentului de calcul:

Constantin Faur, Samson Schachter, Francisc Momeo, Ion Ungureanu, Sandu Segal, Anca Lazăr, Lucian Nica, Traian Serban, Dezideriu Poca, Theodor Budu, Nicolae State, Horațiu Busilă, Jean Weissman, Radu Sipoș – Institutul Politehnic București, Mircea Borteș – Ministerul Comerțului Exterior, Ioan Filotti – Direcția Centrală de Statistică.



Simion Florea

Colectivul pentru redactarea referatului privind pregătirea cadrelor:

Nicolae Racoveanu – Institutul de Petrol, gaze și geologie, Florin Ciorăscu – Institutul de Fizică Atomică, Paul Constantinescu – Comitetul de Stat pentru Organizarea Muncii, Producției și Salarizării, **Simion Florea** – Ministerul Învățământului, Dragoș Vaida – Centrul de calcul economic și cibernetică economică, Alexandru Rogoian – Institutul Politehnic Timișoara, Eugen Stănescu – Direcția Centrală de Statistică, Ludovic Tovissi – Institutul de Științe Economice, Severin Bumbaru – Consiliul Național al Cercetării Științifice.

DOTARE CU ECHIPAMENTE DE CALCUL ETAPA 1968-1970

Nr. crt.	Denumirea mijlocului de calcul	B u c e t i				M ilioane lei v alu t ă				
		Necesar dotare	Fabric. în țară	Import	Export	Valoare necesar dotare	Efort import (pt.mașini și producție)	Export	Efort valutar efectiv	Aport net produc.
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Mașini de calculat electromecanice	32.700	20.000	12.700	-	33,8	24,1	-	24,1	9,7
	din care:									
	- cu 2-3 operații	30.000	18.800	11.200	-	27	18,6	-	-	-
	- cu 4 operații	2.700	1.200 ^x	1.500	-	6,8	5,5	-	-	-
2.	Mașini de calculat electronice de birou fără program	1.000	1.000	-	-	3,6	3,0	-	3	0,6
3.	Mașini de calculat electronice de birou cu program	150	150	-	-	3,6	3	-	3	0,6
4.	Mașini de contabilizat electromecanice	2.000	-	2.000	-	30	30	-	30	-
5.	Mașini de facturat electromecanice	500	-	500	-	17	17	-	17	-
6.	Mașini de contabilizat și facturat electromecanice	1.800	1.800	-	-	66,6	54	-	54	12,6
7.	Dispozitive anexă diverse (pt.extinderea mașinilor de birou existente)	-	-	-	-	23,5	23,5	-	23,5	-
T O T A L :						213,1 (a)	188,6 (b)	-	188,6 (b)	24,5

x) reprezintă mașini electronice cu 4 operații fabricate în țară.

a) În realitate s-a considerat că valoarea reală este cuprinsă între 205 și 220 milioane lei valută, ca urmare a faptului că cifrele din prezentul tabel au fost apreciate pe bază de prețuri medii.

b) Pe aceeași bază ca mai sus s-a considerat că valoarea reală este cuprinsă între 180 și 195 milioane lei valută.



PRECURSORI ROMÂNI AI COMUNICAȚIILOR MODERNE, CREATORI DE ȘCOALĂ

VICTOR CROITORU

CONSIDERAȚII GENERALE

Dacă *prima revoluție industrială* a început în secolul al XVIII-lea, fiind caracterizată prin puterea aburului și producția industrială, în schimb cea de-a doua *revoluție industrială* a început în secolul al XIX-lea, fiind caracterizată prin puterea electrică, motorul cu ardere internă și prin *comunicații* [DM80, NF98]. Dacă telegrafia și telefonia deschid era comunicațiilor prin mijloace electrice, șirul realizărilor de marcă în acest domeniu, ce jalonează ce-a de-a doua revoluție industrială, se eșalonează de-a lungul a mai bine de 130 de ani, acestea însemnând: știință, tehnică și...istorie.

Dacă ne-am propune să analizăm ultimii aproape șaptezeci de ani ai secolului al XIX-lea și primii șaptezeci de ani ai secolului al XX-lea, din punctul de vedere al comunicațiilor și informaticii [CV17], am putea constata că această perioadă a fost cea care a revoluționat lumea, transformând-o dintr-o asociație de societăți separate geografic, cu specificități proprii, într-un întreg în interacțiune. Rețeaua de comunicații, reprezentată fie prin mobilitatea factorului uman, fie prin cuvântul scris, fie prin mijloacele electrice și electronice, care realizează transmiterea informației orale, scrise sau video (telefon, telegraf, facsimil, radio, televiziune) a suferit un proces de marcantă globalizare.

Comunicațiile, domeniul cu cele mai vechi aplicații în cadrul ingineriei electronice, au înregistrat adevărate schimbări revoluționare cam la fiecare decadă din ultimii șaptezeci de ani ai perioadei celei de-a doua revoluții industriale. Astfel, ca să cităm numai câteva exemple, revoluția televiziunii a schimbat modul de viață în aceste ultime decenii; revoluția spațială a constituit un catalizator pentru multe inovații în cadrul comunicațiilor la mare distanță, comunicațiile satelitare permițând o accesibilitate universală; revoluția digitalizării a realizat saltul de la electronica digitală și procesarea digitală la comunicațiile digitale, ce au impus conversia analog-digitală, iar șirul exemplurilor ar putea continua. Se va putea vedea acest lucru, însă, în cele ce urmează.

Mulți istorici au considerat deceniul al optulea al secolului al XX-lea ca fiind începutul celei de-a *treia revoluții industriale*, în contextul căreia *comunicațiile*, alături de *calculatoare* și *componente electronice*, au jalonat și jalonează actuala

revoluție industrială în cadrul căreia a început să se vorbească de cea de-a patra revoluție, cea a robotizării.

Tehnologiile noi din domeniile informațiilor și comunicațiilor constituie elemente de reper ale epocii noastre, ele înregistrând în ultimii ani un ritm de dezvoltare care începe să depășească posibilitatea de a le asimila.

Continuăm să fim martorii convergenței a două tehnologii și anume a comunicațiilor și a tehnicii de calcul. De aici și necesitatea diversificării comunicațiilor care, în zilele noastre, satisfac nu numai schimburile informaționale între subiecții umani, ci și pe cele de tip „om-mașină” sau „mașină-mașină”. Rețelele actuale servesc pe deplin marea varietate de „abonați” care trebuie să comunice între ei, convergența, de care aminteam, ajungând în actualul stadiu în care o rețea universală servește tuturor scopurilor, ea fiind folosită pentru vorbire, imagini, date etc. Separarea care exista între comunicațiile pe undă continuă, cum ar fi transmisiunile telefonice, radio, de televiziune și de telefotografie, ce operau exclusiv cu semnale analogice și comunicațiile pe undă pulsatorie, din rândul cărora se evidențiază telegrafia, telefacsimilul și transmisiunile de date, care lucrează cu semnale digitale, a dispărut. Toate comunicațiile tind să fie aduse la un numitor comun – transmisiunea digitală, care servește atât rețelelor de comunicații, cât și celor pentru transmiterea datelor.

Revoluția microprocesoarelor și microcontrolerelor a schimbat tot ceea ce ține de tehnicile de calcul și control automat, implicate în diversele etape ale unui proces de comunicație. Calculatoarele personale, dotate cu modemuri, permit publicului larg accesul la comunicațiile de date. Și, toate acestea, pe fondul unei revoluții a produselor electronice de larg consum, a transmisiunilor „videotext”, a transmisiunilor „e-mail”, a teleconferințelor de afaceri, a comunicațiilor mobile, a Internet-ului etc.

În acest context, există toate premisele ca ritmul schimbărilor revoluționare în domeniul comunicațiilor să continue și chiar să se amplifice, cu tot impactul potențial asupra centrelor populate și a locuitorilor acestora.

COMUNICAȚIILE ÎN SECOLUL AL XIX-LEA VERSUS APORTUL ROMÂNESC

Dacă secole de-a rândul *focul* a fost mijlocul folosit pentru asigurarea comunicațiilor, abia spre sfârșitul secolului al XVIII-lea inginerul francez Claude Chappe înlocuiește focul cu un sistem de transmitere a semnalelor, bazat pe piloni prevăzuți cu brațe mobile, denumiți semafoare, sistem căruia i s-a spus, la început, *telegraf*, iar mai apoi *telegraf optic*, pentru a-l deosebi de telegraful electric.

În 1800, profesorul italian Alessandro Volta inventează *pila electrică*. În 1820, profesorul danez Cristian Oersted descoperă *electromagnetismul*, iar André Ampère, prezentând descoperirea lui Oersted la Academia Franceză, înfățișează posibilitatea realizării practice a telegrafului electric [DRC93, PN99].

Profesorul Charles Wheatstone, de la King's College din Londra, împreună cu William Cooke sunt printre primii care experimentează un *circuit telegrafic*

în 1837, patentul lor, înregistrat în 12 iunie 1837, fiind primul patent din lume care se referă la comunicațiile electrice.

Pictorul Samuel Finley Morse, din Statele Unite ale Americii, după o călătorie prin Europa, unde se familiarizează cu realizările în domeniul telegrafiei, se implică, începând cu anul 1830, la conceperea unui telegraf electric și a unui cod, care, ulterior, îi vor purta numele. Dacă, în 24 ianuarie 1838, Samuel Morse demonstrează public funcționalitatea aparatului său (pe 21 februarie 1838, președintele Van Buren asistă la o transmisiune telegrafică pe o linie de 10 mile), pe 7 aprilie 1838, el depune cererea de *patentare a aparatului telegrafic*.

Este interesant de urmărit conținutul primului mesaj transmis de Samuel Morse în 1838: „*Attention the Universe! By kingdoms, right wheel!*” („Atenție Univers! Roata străbate regatele!”) [CV17, DRC93].

Într-adevăr, Samuel Morse conștientizează valoarea invenției sale, considerând telegraful electric ca fiind o nouă „roată”, iar momentul primei transmisiuni telegrafice ca fiind momentul de început al unei noi ere, cea a comunicațiilor prin mijloace electrice.

Totodată, S. Morse intuiește că prin transmisiunile telegrafice, pe care le va realiza aparatul său, se va putea disemina informația la distanțe din ce în ce mai mari, care să pună în legătură țări diferite, ceea ce mă face să-l consider pe S. Morse un precursor al globalizării.

Mai mult, tot din acest mesaj transmis de S. Morse, reiese și viziunea inventatorului privind viitorul comunicațiilor, care vor putea depăși cadrul „limitat” al globului pământesc, urmând să-și găsească posibili destinatari în afara sa, în Univers.

Am insistat asupra acestei referințe, anul 1838, pentru că începând cu acest an putem vorbi de nașterea unui nou domeniu – domeniul comunicațiilor prin mijloace electrice (numite, de predecesorii noștri, electrocomunicații sau telecomunicații, avându-se în vedere distanțele la care este vehiculată informația), domeniu pe care-l vom apela, concis, prin denumirea „*comunicații*”.

La 24 mai 1844 începe să funcționeze linia telegrafică construită de S. Morse între Washington și Baltimore, în lungime de 63 km, la a cărei inaugurare este transmis un alt mesaj faimos : „*What hath God wrought !*” („Aceasta este lucrarea Domnului!”) [DRC93].

În 1851, funcționau deja în SUA 50 de companii telegrafice, iar după 10 ani de la inaugurarea primei linii telegrafice, în SUA, lungimea liniilor ajunsese la 37 000 km.

Sfârșitul deceniului cinci, începutul deceniului șase, din secolul al XIX-lea găsește și Europa (prin țări ca Germania, Franța, Austria) pregătită pentru comunicații telegrafice prin rețele constituite din mii de km de linii.

Demn de remarcat este faptul că *țările românești țin pasul cu țările dezvoltate ale Europei [PN99, RR00]. Astfel, în 1853 s-au dat în funcțiune primele linii telegrafice din Transilvania (Timișoara–Sibiu și Sibiu–Alba Iulia–Cluj), construite de către austrieci, pentru ca apoi, în următorii doi ani să se poată realiza comunicații telegrafice în Țara Românească și Moldova (pe traseele: București–Brașov, Cernăuți–Iași, București–Iași, București–Giurgiu).*

Comunicațiile transoceanice au fost dintotdeauna de mare importanță pentru toate națiunile lumii. Una dintre realizările de marcă, care ține de istoria tehnologiei comunicațiilor, a fost crearea și dezvoltarea *cablului electric subacvatic* [DRC93, GWD77]. În contextul comunicațiilor telegrafice, cablurile electrice subacvatice au fost utilizate drept mediu de transmisiune. Astfel, în 1852, Anglia și Irlanda erau conectate prin cablu, iar un an mai târziu era pozat un cablu între Scoția și Irlanda, respectiv un altul între Anglia și Olanda.

Cyrus Field și Samuel Morse au realizat importanța pe care ar avea-o un cablu care să traverseze Atlanticul. În acest sens, se remarcă inițiativa acestora de a produce și a poza un cablu telegrafic transatlantic. Instalat în 5 august 1858, cablul funcționează doar o lună. Urmează o serie de alte încercări, care fac posibilă instalarea, în septembrie 1865, a unui cablu transatlantic, în lungime de 3 000 de mile, care lega Anglia de estul Canadei. După 1865, numărul cablurilor transoceanice pozate crește, astfel încât, în 1870, înregistrăm circa 150 000 km de cablu, care legau toate continentele și principalele insule.

Cum telegraful nu oferea avantajele comunicației vocale, conceperea unui telefon a devenit activitatea principală la începutul deceniului opt din secolul al XIX-lea. Astfel, Alexander Graham Bell este singurul inventator care a realizat efectiv un *telefon* [DRC93]. El a creat primul transmițător telefonic, care a fost utilizat, în 1875, pentru a transmite pe cale electrică primele sunete vocale.

La 14 februarie 1876, A.G. Bell face *public patentul* său, telefonul, redus doar la ceea ce astăzi este cunoscut drept receptor telefonic și care era utilizat și pentru emisie și pentru recepție. Abia în 1878, Thomas Edison inventează *microfonul cu cărbune*, pe care, împreună cu transformatorul, le adaugă telefonului, măbindu-i distanța de funcționare.

Sfârșitul anului 1877 consemnează introducerea telefonului și în România [PN99], Fabrica de aparate telegrafice și de semnalizare „Teirich & Leopolder” anunțând experimentarea unui nou aparat, pe care-l numeau „telefon” sau „telegraf vorbitor”. Sunt date care confirmă, la nivelul anului 1878, posibilitatea realizării unor comunicații telefonice și în nordul Moldovei.

În New Haven–Connecticut, în anul 1878, deja 21 de abonați puteau utiliza cele 8 linii ale primei centrale telefonice [DRC93].

Peste șapte ani, în 1885, existau în funcțiune mai mult de 155.000 de aparate telefonice în SUA, ceea ce însemna de circa două ori mai multe aparate decât în Europa la acea dată. Și tot *peste 7 ani, în România de această dată* [PN99, RR00], este consemnată instalarea, la Direcția Poștelor, a unui *schimbător telefonic, cu 5 linii*.

În 1892, același Graham Bell deschidea prima linie telefonică care lega New York-ul cu Chicago. Peste un an, în 1893, în România funcționa deja o rețea de linii interurbane, cu o centrală de 300 de linii montată în București [PN99, RR00].

În jurul anului 1898, numărul liniilor telefonice era mai mare în Europa [DRC93]. Însă, după această dată, SUA devin lider în domeniul telefoniei, ajungând să aibă în funcțiune, în jurul anului 1925, circa 20 de milioane de aparate telefonice.

La puțin timp după „momentul Bell”, mai exact în 1877, apare „momentul Edison”, legat de numele lui Thomas Edison, care inventează *fonograful* [GWD77,

DRC93]. Până în 1893, T. Edison avea deja 65 de brevete legate de îmbunătățirea fonografului.

Sfârșitul secolului al XIX-lea aduce noi descoperiri în domeniul electro-comunicațiilor [DRC93]. Astfel, după ce James Clerk Maxwell stabilește *conceptul de radiație electromagnetică* (1864), publicând lucrarea *Tratat de electricitate și magnetism* în 1873 [SM88], fundamentală pentru tot ceea ce se va concepe ulterior în electrotehnică și electronică; Heinrich Hertz verifică teoria lui Maxwell, Guglielmo Marconi face primele experimente privind *transmisiunile telegrafice fără fir*, primind, în 1896, un patent în acest sens. În această perioadă, Nikola Tesla inventează transmițătorul–receptorul fără fir (radioul), patentul său fiind înregistrat pe 8 septembrie 1897. Cu toate acestea, Marconi a fost acela care a orientat invenția sa și cea a lui Tesla către realizarea practică a unui sistem radio.

Tot la sfârșitul acestui secol, în 1898, inginerul danez *Valdemar Poulsen* brevetează tehnica *înregistrării magnetice*, care se va bucura de succes abia în secolul următor, în anii '30 [SM88].

În aceeași perioadă, de sfârșit de secol XIX, Michel I. Pupin, profesor la Columbia University, descoperă că prin inserția unor bobine pe liniile telefonice, la anumite distanțe (ceea ce se vor numi ulterior *linii pupinizate*), s-ar putea echilibra efectele capacitive ale liniilor, astfel extinzându-se banda de frecvență a acestora, reducându-se atenuarea și distorsiunile lor.

COMUNICAȚIILE DIN SECOLUL AL XX-LEA STIMULEAZĂ ȘI SUNT STIMULATE DE SPECIALIȘTII ROMÂNI

Secolul al XX-lea se deschide prin activități intense ce continuă preocupările legate de comunicațiile radio [DRC93]. În acest sens, este demn de remarcat faptul că *G. Marconi*, pe 12 decembrie 1901, reușește prima *legătură radio peste Atlantic*.

România ține pasul cu dezvoltarea telefoniei [PN99, RR00, SM88]. Astfel, în anul 1901, în Palatul Poștelor din Calea Victoriei, a fost dată în exploatare o centrală telefonică manuală cu baterie centrală, tip Western Electric, având o capacitate de 3 000 de linii, care prelua toți abonații din capitală prin cabluri subterane. Comutatorul instalat reprezenta, la acea vreme, cel mai perfecționat „multiplu telefonic” din Europa continentală. De asemenea, în aceeași perioadă a începutului de secol, Ion (Iancu) Constantinescu brevetează în Franța aparatul teletipografic [SM88], care va sta la baza conceperii teleimprimatorului. Tot el este acela care, în 1927, va proiecta prima centrală telefonică automată românească.

După ce Joseph J. Thomson descoperă *electronul*, în 1897 [DRC93], în felul acesta putându-se explica *efectul Edison* de emisie a electronilor prin încălzirea unui corp solid, J.A. Fleming patentează, în 1904, *dioda* care-i poartă numele și care a fost utilizată ca detector în receptoarele radio, fără a putea servi în amplificarea semnalelor recepționate. De remarcat faptul că, în același an 1904 apare pentru prima oară denumirea de electronică în titlul unei noi reviste – *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* [TT2001].

Este rândul lui Lee De Forest, în 1907, să anunțe invenția sa legată de *triodă* (pe care o numește *audion*), care va sta la baza amplificatoarelor radio de mică putere.

Tot în 1907, R. Fessenden și E. Alexanderson transmit sunete la distanța de 400 km, luând naștere, în acest fel, *radiofonia* [SM88].

Dezvoltarea tuburilor cu vid, o continuare firească a cercetărilor lui T. Edison, J.J. Thomson, Irving Langmuir și William D. Coolidge, a condus la realizarea amplificatoarelor de putere și a oscilatoarelor radio. Astfel, în 1912, se construiesc primele *amplificatoare cu triode*; A. Meissner înlocuiește (în 1913) generatoarele cu arc, folosite până atunci la emițătoare, prin oscilatoare cu tuburi electronice, iar în anul 1917, G.A. Campbell obține primul patent referitor la filtre. Astfel, s-au creat condițiile construirii *primei stații comerciale de radio-difuziune*, în Pittsburgh, care a început să emită în 1920. În același an, E.H. Armstrong propune receptorul cu superreacție și inventează radioreceptorul superheterodină [SM88].

La un an după brevetarea diodei, preocupat de problemele telefoniei, **Augustin Sabinu Maior**, inginer la Direcția Centrală PTT din Budapesta, întreprinde cercetări în domeniul transmisiunilor multiple [PN99, RR00]. El va fi primul în lume care, în anul 1905, propune realizarea comunicațiilor telefonice multiple cu ajutorul



Augustin Sabinu Maior

curenților alternativi de înaltă frecvență. Tot pe pământ românesc, în 1914, se realizează o legătură radiotelegrafică cu străinătatea, folosindu-se echipamente instalate în Turnul Țepeș din Parcul Carol. Un an mai târziu (1915), inginerul român **Nicolae Vasilescu-Karpen** instalează primul post românesc de radiotelegrafie de 150kW, ce a permis conexiuni cu stații similare din Europa [CG88, SM88].

Îmbunătățirile continue ale performanțelor tuburilor cu vid și circuitelor de amplificare au permis realizarea unor linii telefonice de mare distanță [DRC93]. Dacă în 1915, A.G. Bell și Thomas Watson efectuau prima *convorbire telefonică transatlantică*, în 1921, Bell Telephone Laboratories experimentau o linie telefonică, de 1 000 mile, cu 3 canale vocale, însă cu distorsiuni de neliniaritate inacceptabile, datorate tuburilor din repetoare.



Nicolae Vasilescu-Karpen

Stimulat de ideea reducerii distorsiunilor din amplificatoare, Harold S. Black, inginer la Bell Laboratories, după o discuție stimulativă cu Charles P. Steinmetz (creatorul instrumentarului matematic pentru studierea circuitelor de c.a.) inventează, în 1923, *amplificatorul feed forward*. În prima sa schemă, Black propunea să se compare semnalul de la ieșirea amplificatorului cu cel de intrare, să se amplifice

diferența celor două semnale (distorsiunea) separat, iar apoi acest nou semnal să se utilizeze pentru a anula distorsiunea existentă la nivelul semnalului de ieșire.

Peste 2 ani, în 1925 [CG88], G. Marconi efectuează prima comunicare radiotelefonică pe unde scurte la mare distanță (22 000 km).

Au trecut încă 2 ani până când, pe data de 2 august 1927, H.S. Black formulează conceptul de *amplificator cu reacție negativă* („negative feedback”), pentru ca apoi, patru luni mai târziu, el să realizeze un amplificator monoetajat cu reacție, care să ofere o reducere substanțială a distorsiunilor.

Odată începută utilizarea radioului, comunicațiile radio continuă să se dezvolte în tot cursul anilor '20 ai secolului trecut, ele stimulând totodată crearea unei industrii aferente radioului și tuburilor electronice [DRC93].



Dragomir Hurmuzescu

În acest context, primele emisiuni experimentale radio, în România, au loc în 1925, sub conducerea lui **Dragomir Hurmuzescu** [SM88]. După trei ani, în 1928, intră în funcțiune un post provizoriu de radiodifuziune în București (de 120 W) și mult mai târziu, în 1939, un post de 18 kW.

În același an, 1928, se înființează și Societatea de difuziune radiofonică din România, pentru ca, peste 2 ani, în 1930, să intre în funcțiune, la Băneasa, primul post de emisie București [CG88]. Printre cei care se remarcă în procesul de dezvoltare a acestui post de emisie este și viitorul profesor Tudor Tănăsescu, specializat în radiocomunicații la Colegiul Marconi din Londra, asistent la acel moment al profesorului N. Vasilescu–Karpen.

Începând cu 1929, tuburile cu vid devin cunoscute sub numele de tuburi electronice, iar odată cu apariția revistei „Electronics”, în 1930, reapare cuvântul *electronică* prin care vor fi desemnate un nou domeniu și o nouă industrie, care vor fi dominate, aproape jumătate de secol, de tuburile electronice.



Tudor Tănăsescu

În contextul acestei noi sintagme, a acestui nou domeniu, nu putem să nu menționăm numele **Tudor Tănăsescu**, viitor profesor al Politehnicii din București, considerat drept fondatorul Școlii românești de electronică (M. Drăgănescu, citat [TT2001]).

Referindu-ne la anii '30 și '40, se constată că *principalul efort al prof. Tudor Tănăsescu în acea perioadă a fost acela de a așeza tehnica radiocomunicațiilor pe baze profesionale riguroase. În primul rând prin utilizarea tuburilor și circuitelor electronice. El a sesizat de la început importanța electronicii* (M. Drăgănescu, citat [TT2001]).

Prof. T. Tănăsescu, în perioada menționată, s-a preocupat de extinderea radiodifuziunii pe întreg teritoriul României, de calitatea emisiunilor radio prin asigurarea unei intensități corespunzătoare a câmpului electromagnetic pentru diferitele zone din țară. În acest context, se preocupă de reacția în circuitele

electronice, de stabilitatea circuitelor oscilante, de amplificatorul în clasă C pentru etajele finale de putere ale radioemițătoarelor. În următoarele două decenii, prin lucrările publicate, T. Tănăsescu dovedește preocupări în domenii precum: circuitele electronice, cu tuburi și apoi cu tranzistoare, respectiv electronica industrială.

Alături de această *primă mare personalitate a electronicii românești* (M. Drăgănescu, citat [TT2001]), se mai pot cita și alte nume, *care au marcat istorie electronicii din țara noastră, în prima ei perioadă*, și anume Augustin Maior, Dragomir Hurmuzescu, N. Vasilescu-Karpen, Ion (Iancu) Constantinescu, **Sergiu Condrea**, Emil Giurgea, **Emil Petrașcu**, **Matei Marinescu**, Mihai Konteschweller, Gheorghe Cartianu, Anton Necșulea, Edmond Nicolau, **Victor Toma**, Alexandru Spătaru, **Vasile Cătuneanu** ș.a.” (M. Drăgănescu, citat [TT2001]).



Sergiu Condrea



Emil Petrașcu



Matei Marinescu



Victor Toma



Vasile Cătuneanu

Perioada 1923–1938 este considerată perioada de naștere a *televiziunii*, Philo T. Farnsworth și Vladimir Zworykin propunând soluții pentru viitoarele sisteme de televiziune, primele experimente privind emițătoarele de televiziune datând tot din aceeași perioadă. Astfel, asistăm, în 1939, la prima *emisiune comercială de televiziune* [DRC93, GWD77], care a avut loc în orașul New York. În acest fel, își găsesc

împlinirea studiilor legate de transmiterea imaginilor fixe sau mobile, începute din 1843, A. Bain și R. Corey fiind printre primii cercetători în acest domeniu.

Totodată, în aceeași perioadă a anilor '30 ai secolului trecut, se brevetează principiul *radarului* (1935) de către A. Taylor și L. Joung; K. Janski pune bazele *radioastronomiei* (1935) [SM88] și se remarcă dezvoltarea comunicațiilor radio cu *modulație de frecvență*. Când mulți ingineri de frunte considerau modulația de frecvențe imposibilă, Edwin H. Armstrong, studentul lui Pupin, se afirmă, în 1933, prin 4 brevete de invenție dedicate acestei modulații, iar spre sfârșitul acestei perioade, a anilor '30, se emiteau deja semnale radio de peste 30 MHz. Mai târziu, după 1945, modulația de frecvență capătă o largă aplicabilitate în comunicațiile militare și alte comunicații mobile, în radar, în telemetrie și la realizarea canalului audio din semnalul TV, însă, adoptarea sa pe scară largă, de către radiodifuziunea MF s-a realizat abia după moartea lui Armstrong (1954).



Gheorghe Cartianu

Legat de acest subiect, putem remarca modul în care, începând cu 1940, viitorul profesor **Gheorghe Cartianu**, la acel moment asistent al profesorului T. Tănăsescu, deschide o perioadă de circa 40 de ani de activitate pe pământul românesc, în care a excelat în domeniul modulației de frecvență (monografia *Modulația de frecvență*, publicată în 1958, cu încă 6 ediții până în 1968, traduse și în limbile: rusă, maghiară și franceză, constituind unul dintre primele tratate apărute în lume pe această temă) și cel al stabilității sistemelor electronice liniare și neliniare (criteriul de stabilitate elaborat fiind cunoscut sub numele „Criteriul Cartianu-Loewe”) [CG88].

În același context, Gh. Cartianu va realiza, în 1949, prima legătură prin radioreleu din țară, între studiourile din București și stația de emisie Tâncăbești, utilizând un emițător cu MF de concepție proprie [PA88].

Tot în perioada anilor '30, mai precis în 1937, remarcăm și patentarea *modulației în cod a impulsurilor* (MIC) de către Sir Alec Reeves, care era, la acea dată, inginer în cadrul laboratoarelor ITT din Franța. Se pare că înaintea sa, în 1926, *Paul M. Rainey* inventase aceeași tehnică a MIC.

Urmează perioada celui de-al II-lea Război Mondial (1938–1945), timp în care sistemele radar și de microunde se dezvoltă, iar după terminarea războiului (în iulie 1945) se deschide, în cadrul Laboratoarelor Bell [DRC93, DM80], un program de cercetări în domeniul semiconductoarelor.

Drept urmare, inventatorii primului tranzistor: John Bardeen, William Shockley și Walter Brattain (câștigătorii Premiului Nobel pentru fizică în 1956) demonstrează funcționalitatea primului *tranzistor* pe data de 23 decembrie 1947, moment de referință în dezvoltarea comunicațiilor respectiv a electronicii următorilor ani. Abia începând cu 1954 asistăm la *producția industrială a tranzistoarelor*, Texas Instruments fiind unul din primii producători de tranzistoare. În același an 1954, în cadrul acestei firme, inginerul Patrick E. Haggerty intuiește oportunitatea realizării unui *aparat radio miniaturizat*, care să folosească tranzistorul, astfel

încât după un an (în 1955) se și înregistrează vânzarea a 100 000 de receptoare radio miniaturale.

Avându-se în vedere cronologia faptelor, în contextul „componente-electronică”, se impune a fi menționată și contribuția majoră a celui ce a fost asistentul preferat al prof. T. Tănăsescu, cel ce va deveni prof. **Mihai Drăgănescu**, la rândul său creator de școală și anume al Școlii românești de semiconductoare, semnatul unei lucrări de referință în domeniu, intitulată *Electronica corpului solid* (1972).

Tot în deceniul al 5-lea al aceluiași secol începe să se vorbească de *cibernetică* [NF98], datorită cărții lui Norbert Wiener, apărută în 1948, intitulată *Cibernetica sau știința comenzii și comunicării la mașini și ființe vii*.

Apare astfel un nou concept, care va influența definitiv domeniul comunicațiilor.

Tocmai importanța acestui concept ne face să deschidem mai larg poarta istoriei ciberneticii și să privim cu respectul cuvenit și realizările precursorilor români ai acestui domeniu [PRC79], deoarece contribuțiile românești, în ceea ce privește conceptele fundamentale ale ciberneticii, nu sunt de neglijat. De aceea și ținem să menționăm numele a trei oameni de știință români: 2 medici – Daniel Danielopolu și Ștefan Odobleja, respectiv un inginer – Paul Postelnicu.

Daniel Danielopolu formulează concepte cibernetice, bazat pe domeniile biologiei și medicinei, cum ar fi: conexiunea inversă negativă (1928) și conexiunea inversă pozitivă (1923–1932) în sistemul neurovegetativ, respectiv inteligența vegetativă, fiind considerat un precursor al biociberneticii pe plan mondial, care a încercat să generalizeze teoria sa și asupra societății [PRC79]. Conceptele sale de conexiuni inverse, negativă și pozitivă, au fost elaborate înainte sau simultan cu cele ale lui H.S. Black privind amplificatoarele în domeniul comunicațiilor.

Bazat pe psihologie, **Ștefan Odobleja** elaborează și publică lucrarea *Psychologie consonantiste* (1938–1939, 860 pagini, Paris), „lucrare de pionerat în știința ciberneticii” (Gh. Ștefan, citat [PRC79]), „cu o viziune cibernetică generalizată”. Ca lege universală, pentru Ștefan Odobleja, legea reversibilității (legitatea cibernetică) se aplică tuturor proceselor din natură și societate (M. Drăgănescu–citate din [PRC79]). Și, ceea ce trebuie să remarcăm este faptul că principiile formulate de Ștefan Odobleja la 10 ani după apariția acestei lucrări au fost consacrate ca cibernetice prin lucrarea care este prin consens considerată ca întemeind această știință, <Cibernetica> lui Norbert Wiener (Gh. Ștefan – citat [PRC79]).



Mihai Drăgănescu



Daniel Danielopolu



Ștefan Odobleja



Paul Postelnicu

Respectând cronologia lucrurilor, este necesar și util să menționăm și numele lui **Paul Postelnicu**, care, în 1945, propune lucrarea *Ipoteza complexului vicios*, neadmisă spre publicare și care vede lumina tiparului doar în ... 1968. Folosind conceptul de cerc vicios (conexiune inversă), autorul consideră că materia vie se bazează pe un sistem de conexiuni inverse, principiul său putându-se generaliza spre fenomenele sociale și îndeosebi cele economice. Păcat!, lucrarea lui Norbert Wiener apăruse în 1948 [PRC79].

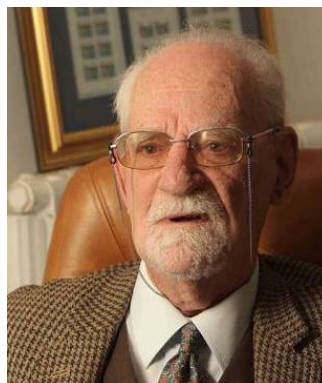
Citându-l pe M. Drăgănescu [PRC79], aș menționa: *După 1948, cibernetica, constituită de Norbert Wiener, difuzează în întreaga lume, plină de răsunet și consecințe.*

În țara noastră au deschis drumul noii etape a ciberneticii prof. Tudor Tănăsescu. ..., dr. C. Bălăceanu și prof. Edmond Nicolau în domeniul neurociberneticii, dr. V.Săhleanu în biocibernetică, dr. C. Bălăceanu în gerontologie, ..., acad. Aurel Avramescu și prof. C. Penescu, ..., în domeniul automatizării ș.a.

În acest sens, menționăm că prima monografie românească de cibernetică – *Cibernetica*, semnată de **Edmond Nicolau** și **C. Bălăceanu**, apare în 1961. Este urmată de: *Introducere în cibernetică* (1964), *Introducere în cibernetica sistemelor discrete* (1966), *Introducere în cibernetica sistemelor continue* (1972), *Introducere în cibernetica sistemelor hibride* (1975), toate semnate de prof. Edmond Nicolau [ȘN81].



Edmond Nicolau



Constantin Bălăceanu

Pe baza aceleiași lucrări [ȘN81], remarcăm că „pentru prima dată pe plan mondial, personalitatea umană a fost interpretată cibernetic de C. Bălăceanu și Edm. Nicolau în lucrarea <Personalitatea umană-o interpretare cibernetică> (1972)”.

Anul 1948 rămâne un an de referință în istoria comunicațiilor și, de ce nu, a tehnologiei în general și prin apariția articolului lui *Claude Shannon* (cercetător la Bell Laboratories), intitulat *Teoria matematică a comunicației*. Prin această lucrare, Shannon, alături de Ralph V.L. Hartley, Norbert Wiener, Dennis Gabor și Philip M. Woodward, pune bazele unei noi discipline – *teoria informației*.

Această nouă disciplină a prins rădăcini nu peste mult timp și în România, grație profesorului Alexandru Spătaru, fost asistent al profesorului Tudor Tănăsescu. Prof. **Alexandru Spătaru** este considerat fondatorul Școlii de Transmisiune a Informației din România [ZR2010]. Contribuțiile sale în domeniul teoriei informației sunt reflectate în cartea *Teoria Transmisiunii Informației* (1966 – vol. I; 1971 – vol. II), tradusă ulterior în franceză și germană, iar mai apoi, într-o formă mult mai elaborată, i se tipărește în Elveția cartea *Fondements de la théorie de l'information*.



Alexandru Spătaru

Altă lucrare de referință a anului 1948 a fost *Filozofia modulației în cod a impulsurilor*, scrisă de Bernard M. Oliver, John R. Pierce și Claude Shannon, prin care se împărtășea ideea revoluționării domeniului comunicațiilor prin această modulație în cod a impulsurilor. Abia în anii '60 asistăm la producția de serie a primelor sisteme digitale de transmisiuni destinate rețelelor telefonice, care pregăteau crearea viitoarelor rețele digitale de comunicații.

Un prim avantaj al semnalelor digitale a fost evidențiat, tot în 1948, de către Richard W. Hamming, prin invenția sa referitoare la *codurile corectoare de erori*. Lucrând împreună cu Bernard D. Holbrook, Hamming va proiecta un echipament care să verifice și să corecteze automat erorile.

Anul 1948 este un an de referință și în istoria calculatoarelor, în sensul că, pe 21 iunie 1948, a fost prezentat prototipul primului *calculator operațional cu program înregistrat* construit la Universitatea din Manchester.

Către sfârșitul anilor '40, suntem martorii realizării unui nou mediu de înregistrare magnetică, bazat pe invenția inginerului danez Valdemar Poulsen, ce se va bucura de un mare succes comercial abia în această perioadă, când compania germană *AEG* (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft) înlocuiește în cadrul *magnetofonului*, pe care l-au scos pe piață în 1935, banda de oțel, utilizată drept mediu de înregistrare, cu o bandă de plastic, care permitea o înregistrare facilă. În același timp și industria filmului începe să folosească mediul magnetic pentru înregistrarea sunetului, iar casetofoanele, în cadrul „mișcării hi-fi” (high fidelity), încep să se vândă într-un număr din ce în ce mai mare.

În anii '50, ai aceluiași secol al XX-lea, continuând cercetările în domeniul semiconductoarelor, înregistrăm primul patent *de circuit integrat*, datat pe 21 mai 1953, al cărui autor este Harwick Johnson de la RCA (Se depune o cerere de brevet, în acest sens, și pe numele Jack Kilby, de la Texas Instruments, însă în 1959). În 1954, Regency Company, utilizând componente fabricate de Texas Instruments, fabrică primul *radio tranzistorizat*, iar în 1955, John R. Pierce face propuneri legate de sistemele de *comunicații satelitare*. Tot în acești ani, se intensifică cercetările privind comunicațiile prin laser și cele legate de radioastronomie.

Trecând în deceniul al 7-lea, remarcăm intrarea în funcțiune, în 1960, a sistemului *TASI* (Time Assignment Speech Interpolation), care, utilizând pauzele din vorbire în timpul conversațiilor telefonice, a dublat capacitatea cablului telefonic transatlantic instalat în 1956, constituind primul exemplu de comutator cu diviziune

în timp. Totodată, consemnăm: lansarea primului *satelit de comunicații (Telstar I*, plasat de AT&T, în 1962, pentru a susține 600 de căi telefonice sau 1 canal de televiziune), care confirmă continuarea cercetărilor referitoare la comunicațiile satelitare; apariția primelor *sisteme digitale de transmisiuni* (sistemul *Bell T1*, pus în funcțiune în 1962 de către AT&T Corporation, fiind un prim exemplu în acest sens); realizarea primelor modele de sisteme electronice de comutație telefonică, toate acestea susținute de dezvoltarea circuitelor integrate.

Tot în acești ani asistăm la utilizarea din ce în ce mai largă a calculatoarelor pentru simulări și în *prelucrarea numerică a semnalelor*. S-au dezvoltat, astfel, algoritmi precum: transformata Fourier rapidă (1965), algoritmul Viterbi (1967) și transformata z (1968). Preocupările legate de prelucrarea numerică a semnalelor vocale au început să fie dublate și de cele legate de prelucrarea imaginilor, televiziunea în culori s-a impus (în SUA), iar prima transmisiune MF stereo are loc în 1961, tot în SUA.

Mai târziu, la începutul anilor '90, la inițiativa și sub coordonarea profesoarei **Adelaida Mateescu**, continuatoare a Școlii de semnale, circuite și sisteme din Facultatea de Electronică și Tc., Institutul Politehnic din București (create și dezvoltate prin eforturile profesorilor: I. Constantinescu, T. Tănăsescu, Gh. Cartianu, S. Condrea, C. Vasiliu, Ad. Mateescu, M. Săvescu, I. Constantin, N. Dumitriu, D. Stanomir ș.a.), se introduce și în învățământul superior românesc de electronică și telecomunicații disciplina Prelucrarea numerică a semnalelor [CR2009].



Adelaida Mateescu



Dumitru Stanomir

Astfel, începând cu acest deceniu, putem considera că s-a pășit în *era comunicațiilor digitale*.

ÎNVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR DE COMUNICAȚII ÎN ROMÂNIA – POLITEHNICA BUCUREȘTEANĂ

Predarea primelor cunoștințe de telecomunicații în România a început, practic, odată cu înființarea Școlii Politehnice din București, prin Decretul nr. 2521

din 10 iunie 1920. Prima școală Politehnică se înființa, la acea dată, prin transformarea Școlii Naționale de Poduri și Șosele, al cărei director era profesorul titular de electrotehnică Nicolae Vasilescu-Karpen [VR81, FET84].

ÎNVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR DE COMUNICAȚII ÎN CADRUL ȘCOLII POLITEHNICE DIN BUCUREȘTI.

Într-o primă etapă, Școala Politehnică din București urma să cuprindă 4 secțiuni: Secțiunea de construcții; *Secțiunea de mecanică și electricitate* cu eventuale *subsecțiuni* pentru aviație și *telegrafie–telefonie*; Secțiunea de mine și metalurgie și Secțiunea industrială, destinată să formeze inginerii necesari celorlalte industrii, nereprezentate de primele trei secțiuni. În acest context, s-a introdus, din inițiativa și sub conducerea profesorului N. Vasilescu-Karpen, în cadrul Secțiunii de mecanică și electricitate, cursul intitulat *Principii de Telegrafie și Telefonie*, ținut de asistentul suplinitor Ion Constantinescu [FET84, CI26].

În 1924, în cadrul Secțiunii de Mecanică și Electricitate, ia ființă *Subsecțiunea de Telegrafie și Telefonie*, punându-se astfel bazele învățământului superior tehnic de telecomunicații, ca specialitate distinctă. Peste doi ani, Ion Constantinescu este numit conferențiar suplinitor, iar apoi conferențiar titular provizoriu la cursul de *Telefonie și Telegrafie*.

Nu peste mult timp, în 1929, odată cu mărirea duratei învățământului politehnic la 5 ani, denumirea subsecțiunii se schimbă în *Electrocomunicații*, subsecțiunea fiind organizată pe două direcții: Transmisii telefonice și telegrafice și Radiocomunicații. În același an, Tudor Tănăsescu este numit conferențiar suplinitor, iar apoi conferențiar titular provizoriu la cursul de „*Radiocomunicații*” [DM2001].

În anul școlar 1929–30, subsecțiunea a fost frecventată de 40 elevi, dintre care 26 ingineri de alte specialități, trimiși de PTT și de alte instituții de stat. Astfel, putem remarca că, încă de la începuturile sale, învățământul superior de comunicații este orientat nu numai spre pregătirea universitară propriu-zisă, ci și spre cea de recalificare postuniversitară [FET84].

ÎNVĂȚĂMÂNTUL DE COMUNICAȚII ÎN CADRUL POLITEHNICII DIN BUCUREȘTI, RESPECTIV INSTITUTULUI POLITEHNIC DIN BUCUREȘTI

În 1938, Școala Politehnică din București se transformă în *Politehnica din București* prin Decretul nr. 3799 din 4.11.1938 (rector N. Vasilescu-Karpen), având 5 facultăți: Construcții, Mecanică și Electricitate (denumită, din 1942, Electromecanică), Mine și Metalurgie, Chimie Industrială, Silvicultură [VR81]. *Subsecțiunea de Electrocomunicații* rămâne în cadrul Secțiunii de Electromecanică din *Facultatea de Mecanică și Electricitate* (a doua secțiune a facultății fiind cea de Aviație și Armament). Subsecțiunea are tot două direcții *specializare: Telegrafie-Telefonie și Radiocomunicații*.

Prin Decretul-Lege nr. 3134 din 11 noiembrie 1941, se reînființează unele catedre, iar altele își schimbă denumirea. Astfel, Catedra de fizică generală, climatologie și meteorologie devine Catedra de radiocomunicații.

Începând cu 1948 (prin Decretul prezidențial al M.A.N. nr. 175/3.08.1948), Politehnica din București este denumită *Institutul Politehnic din București* și funcționează cu patru facultăți: Electrotehnică, Mecanică, Chimie industrială și Textile.

În cadrul Facultății de Electrotehnică, între cele 7 catedre ale acesteia, apare Catedra de înaltă frecvență și electronică, având drept șef de catedră pe profesorul Tudor Tănăsescu.

Odată cu înființarea Facultății de Electrotehnică, apare Secția de Electronică (cealaltă secție fiind cea de Mașini și Aparate electrice) [VR81,DM2001] cu specializările: Aparate electronice industriale, Aparate de electrocomunicații, Radiofrecvență respectiv Radiodifuziune. Toate cele 4 specializări ofereau cursuri comune în primii 3 ani de studii, specializările diferențiindu-se prin câteva discipline în cadrul anului 4 de studii.

Prin H.C.M. nr.1056 din 2.10.1951, Institutul Politehnic din București a fost organizat pe 6 facultăți: Electrotehnică, Energetică, Mecanică, Chimie industrială, Metalurgie, Ingineri economiști [VR81]. În cadrul Facultății de Electrotehnică, având durata studiilor de 5 ani, apar menționate două secții de specializare: Secția de Mașini și Aparate electrice respectiv Secția de electronică și înaltă frecvență; cea de-a doua secție fiind organizată pe 3 grupe: Electronică industrială, Radiofrecvență, Audiofrecvență.

În 1953, prin Ordinul Ministrului Învățământului nr.5108/1953, ia ființă *Facultatea de Electronică și Telecomunicații* [VR81,DM2001], organizată pe trei secții de specializare: *Electronică și Radiotehnică industrială; Radiocomunicații și Comunicații telefono-telegrafice*. Cadrele didactice, de la disciplinele de specialitate, erau grupate în două catedre: Electronică (șef de catedră – prof. Tudor Tănăsescu) respectiv Electrocomunicații (șef de catedră – prof. Gheorghe Cartianu).

În 1955, Secția de Electronică și Radiotehnică industrială devine „Electrotehnică industrială”, apare Secția de Centralizări și Semnalizări feroviare [VR81]. În același an, cadrele didactice de la disciplinele de specialitate se grupează în patru catedre: Electronică (șef de catedră – prof. Tudor Tănăsescu), Telefonie-Telegrafie (șef de catedră – prof. Sergiu Condrea), Radiocomunicații (șef de catedră – prof. Gheorghe Cartianu), Centralizări și Semnalizări feroviare (șef de catedră – conf. Ioan Popa).

În 1957, în Facultatea de Electronică și Telecomunicații, ia ființă Secția de Tehnică Nucleară, în schimb, prin unificare, apare Secția de Electronică și Radiocomunicații. Celelalte două secții (Comunicații telefono-telegrafice respectiv Centralizări și semnalizări feroviare) se mențin [VR81].

Anul universitar 1959–1960 începe în Facultatea de Electronică și Telecomunicații cu 5 secții de specializare: Electronică și Automatică, Radiocomunicații și Radiotehnică, Comunicații Telefono-Telegrafice, Centralizări și Semnalizări feroviare, Tehnică nucleară [VR81].

În anul următor [VR81], dacă prima și ultima secție de specializare își schimbă denumirile (în Electronică industrială respectiv Ingineri fizicieni), celelalte trei secții se mențin.

În anul 1962 [VR81], fără să se modifice numărul secțiilor de specializare, se modifică denumirea celei de-a doua secții, ea devenind Radiotehnică. Până în 1967, situația rămâne practic constantă.

Abia în 1967, se vor schimba denumirile și pentru alte două secții: Comunicațiile telefono-telegrafice devin „Telefonie–Telegrafie”, iar „Centralizările, semnalizările feroviare” devin „Telecomenzi feroviare”. În felul acesta, până în 1972 inclusiv, facultatea va funcționa cu 5 secții de specializare și 4 catedre de profil.

În anul 1969 [VR81, FET84], au fost înființate, în cadrul Facultății de Electronică și Telecomunicații, două secții de *subingineri* (*Electronică și Telefonie-Telegrafie*), cu durata învățământului de 3 ani. Se deschide astfel o nouă formă de învățământ superior tehnic, cu durată redusă.

Anul 1973 [VR81] găsește facultatea funcționând cu 4 *secții de specializare*: *Electronică aplicată, Radiotehnică, Telefonie–Telegrafie, Componente și Dispozitive electronice*, având o cifră de școlarizare aprobată de 350 de locuri (Secția de Centralizări și Semnalizări feroviare fusese mutată la Facultatea de Transporturi, iar Secția de Ingineri fizicieni și-a schimbat denumirea în „Componente și Dispozitive electronice”). În facultate, de această dată, apar 5 catedre de specialitate: Radiocomunicații (șef de catedră–prof. Gheorghe Cartianu), Tehnologie electronică și Fiabilitate (șef de catedră–prof. Vasile Cătuneanu), Telefonie Telegrafie (șef de catedră–prof. Nicolae Marinescu), Tuburi electronice și Tranzistoare (șef de catedră–prof. Mihai Drăgănescu), Electronică aplicată (șef de catedră–prof. Alexandru Spătaru), doar două dintre acestea, cele istorice, continuând, la modul explicit, tradiția „comunicațiilor”.

Numai după un an [FET84], în 1974, Facultatea de Electronică și Telecomunicații își pierde profilul distinct și secțiile de specializare. Astfel, aceasta este încadrată în profilul electric al învățământului superior tehnic, acordându-i-se *o singură specializare*, în cadrul procesului de învățământ și anume „*electronică și telecomunicații*”, cu o cifră de școlarizare de 390 de locuri. Fostele secții de specializare apar, acum, reprezentate prin 5 direcții de aprofundare.

Până în 1986, lucrurile evoluează pe aceeași linie. Schimbarea pe care o aduce, totuși, acest an nu se referă nici la profilul facultății, nici la specializarea unică pe care o realizează aceasta, nici la cifra de școlarizare (cca. 400 studenți), nici la planul de învățământ. Ceea ce se modifică este doar numărul catedrelor, care, prin două unificări, se reduce la trei catedre: Electronică aplicată (șef de catedră – prof. Al. Spătaru); Radiocomunicații, Telefonie și Transmisiuni de Date (șef de catedră – prof. I. Constantin); Tehnologie electronică și Microelectronica (șef de catedră – prof. M. Drăgănescu).

Lucrurile continuă în acest nou cadru până în 1990, când numărul catedrelor de specialitate din facultate se modifică din nou, crescând la patru (Telecomunicații; Electronică aplicată și Ingineria Informației; Dispozitive, Circuite și Aparate electronice; Tehnologie electronică și Fiabilitate).

ÎNVĂȚĂMÂNTUL SUPERIOR DE COMUNICAȚII ÎN UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN BUCUREȘTI

Perioada 1990–1992 aduce cu sine schimbări radicale în învățământul superior tehnic românesc. Vechile universități tehnice se reorganizează, schimbările începând chiar cu denumirea lor (un exemplu, în acest sens, fiind Institutul Politehnic București, a cărui nouă denumire este *Universitatea „Politehnica” din București*). Apar noi facultăți, iar acest lucru se întâmplă și la nivelul profilului de electronică și telecomunicații, în cadrul căruia, alături de Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București (singura existentă în țară până în 1990), se înființează facultăți similare în centre universitare, precum: Cluj-Napoca, Iași și Timișoara.

Aceeași tendință se manifestă și la nivelul catedrelor, structura Facultății de Electronică și Tc. din București fiind adoptată și în alte centre universitare, la nivelul noilor facultăți de profil înființate.

Facultatea de Electronică și Tc. din București, la începutul anilor '90. era organizată pe patru catedre de specialitate. În acest context, Catedra de Telecomunicații coordona programe de instruire [BI01, BI02] menite să pregătească ingineri diplomați în domeniul comunicațiilor (cursuri de 5 ani – cu specializarea „Comunicații”) respectiv ingineri în acest domeniu (cursuri de 3 ani – cu specializarea „Comunicații”). Totodată, catedra oferea programe de studii aprofundate, de masterat și asigura conducerea programelor de doctoratură în domeniu.

Programul de învățământ al Facultății de Electronică și Tc. din București [ECTS00], cu o durată de 5 ani și o cifră de școlarizare de 500 locuri, era organizat pe trei specializări: *Comunicații; Electronică aplicată și Ingineria Informației; Microelectronică*.

Facultatea de Electronică și Telecomunicații își schimbă denumirea în *Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației* și, începând cu 2005, programul de învățământ al facultății, de astă dată cu o durată de 4 ani pentru studiile de licență și 2 ani pentru studiile de masterat, cu o cifră de școlarizare sporită (cca. 800 locuri la licență și 400 locuri la masterat), este organizat pe două domenii (Electronică și Telecomunicații respectiv Calculatoare și Tehnologia informației), cu 4 specializări (*Electronică Aplicată; Rețele și Software pentru Telecomunicații; Tehnologii și Sisteme de Telecomunicații; Microelectronică, Optoelectronică și Nanotehnologii*) pentru licență, respectiv pe 22 programe de masterat (din care 11 au profil de Comunicații). Ca o continuare firească a studiilor de licență și de masterat, prin *Școala doctorală*, organizată la nivelul facultății, sunt coordonate studiile universitare avansate de doctorat științific în *domeniul fundamental – Științe Inginerești*, corespunzătoare *domeniului de studii universitare de doctorat – Inginerie Electronică și Telecomunicații* (cu un program de 3–5 ani, ce antrenează anual cca. 40 de noi studenți doctoranzi) [IPV13].

Învățământul superior de Comunicații, așa cum este oglindit în planurile de învățământ actuale, își propune nu numai să pună bazele abordării domeniului, ci să și deschidă căi de instruire spre acele zone de strictă actualitate și certă perspectivă în contextul specializărilor studiilor de licență, programelor de masterat și programului de doctorat.

CONCLUZII

Prin prezenta lucrare, sper să fi reușit să prezint succint modul în care au evoluat comunicațiile în lume și rolul pe care l-au avut până s-a pășit în era comunicațiilor digitale.

Am căutat, în ceea ce privește realizările de marcă din domeniul comunicațiilor, să arăt și felul în care România a recepționat aceste realizări, în sensul de a evidenția când și cum le-a asimilat. Am insistat asupra perioadei de început a comunicațiilor în țara noastră pentru că am fost impresionat de modul în care Transilvania, Țara Românească și Moldova, iar mai apoi România unită au conștientizat importanța acestui domeniu.

Mai mult, am remarcat mai multe contribuții românești (precum cele ale lui: A. Maior, I. Constantinescu, D. Hurmuzescu, N. Vasilescu-Karpen, T. Tănăsescu, Gh. Cartianu, S. Condrea, Șt. Odobleja, Edm. Nicolau, M. Drăgănescu, Al. Spătaru, P. Postelnicu, M. Săvescu, Ad. Mateescu ș.a.), care n-au cum să lipsească dintr-o istorie a domeniului comunicațiilor.

De remarcat, în final, faptul că asistăm la convergența a două tehnologii: cea a comunicațiilor respectiv cea a informației, fapt care mă îndreptățește să afirm că societatea în care trăim este nu numai o societate informațională ci una comunicațional-informațională, care poate fi apelată prin sintagma, deja vehiculată, societatea cunoașterii.

BIBLIOGRAFIE

- [BI01] Bănică I., *Specializarea „Comunicații”*, uz intern, UPB, 2003, 3 p.
- [BI02] Bănică I., *Informare privind procesul de învățământ coordonat de catedră* (Catedra de Telecomunicații, Facultatea de Electronică și Tc.), uz intern, UPB, 2003, 8 p.
- [CG88] Săvescu M., Nicolau Edm., Mateescu Adelaida, Constantin I., Drăgulinescu M. ș.a., *Gheorghe Cartianu*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1988.
- [CI26] Constantinescu I., *Curs de transmisiuni telegrafice și telefonice*, Școala Politehnică din București, 1926.
- [CR2009] Comitetul de redacție, *Adelaida Mateescu (1st of April 1932 –20th of May 2009)*, Revue Roumaine des Sciences Techniques, Série électrotechnique et énergétique, Tome 54, No. 4, Octobre–Décembre, Editura Academiei Române, 2009.
- [CV17] Croitoru V., *Comunicații analogice și digitale*, note de curs, Universitatea „Politehnica” din București, 2017.
- [DM80] Drăgănescu M., *A doua revoluție industrială. Micro-electronica, automatica, informatica-factori determinanți*, Editura Tehnică, București, 1980.
- [DM2001] Drăgulinescu M., *Tudor Tănăsescu și Facultatea de Electronică și Telecomunicații*, vol. „Tudor Tănăsescu, fondatorul școlii românești de electronică” (editori: M. Drăgănescu, A. Rusu, Șt. Iancu), Editura Dorotea, București, 2001, pp. 31–39.
- [DRC93] Dorf R.C., *Introduction to Electric Circuits*, John Wiley & Sons, New York, 1993.
- [ECTS00] * * *ECTS, Guide 2000/2001, Faculty of Electronics and Telecommunications* (information package), University „Politehnica” of Bucharest, 2000.
- [FET84] * * *Facultatea de Electronică și Telecomunicații, Scurt istoric, Locul facultății în sistemul de învățământ superior*, Institutul Politehnic București, 1984.
- [GWD77] Gregg D.W., *Analog and Digital Communication*, John Wiley & Sons, New York, 1977.

- [IPV13] * * *Ideile prin viață în Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia informației*, uz intern, UPB, 2013, 12 p.
- [NF98] Nebeker F., *Signal Processing. The Emergence of a Discipline. 1948 to 1998*, IEEE History Center, Rutgers, The State University of New Jersey, 1998.
- [PA88] Preda Al., Drăgulinescu M., *Cercetările aplicative*, vol. *Gheorghe Cartianu*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1988, pp. 56–70.
- [PN99] Perciun N., *Din istoria telecomunicațiilor române*, Editura Academiei Române, București, 1999.
- [PRC79] Drăgănescu M., Săhleanu V., Bălăceanu C., Giuculescu Al., Ștefan Gh., Mocanu P., *Precursori români ai ciberneticii*, Edit. Academia RSR, 1979.
- [RR00] Răduleț R., *Istoria cunoștințelor și a științelor tehnice pe pământul României*, Editura Academiei Române, București, 2000.
- [SM88] Săvescu M., Enciu Gh., *Din istoria matematicii, electrotehnicii, electronicii și învățământului tehnic superior*; vol. *Gheorghe Cartianu*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1988, pp. 7–17.
- [ȘN81] Ștefan I.M., Nicolau Edm., *Scurtă istorie a creației științifice și tehnice românești*, Edit. Albatros, București, 1981.
- [TT2001] Drăgănescu M., Rusu Ad., Iancu Șt. (editori), *Tudor Tănăsescu, fondatorul Școlii românești de electronică*, Ed. Dorotea, București, 2001.
- [VR81] Voinea R., *Istoricul Institutului Politehnic din București în date*, Institutul Politehnic din București, 1981.
- [ZR2010] Zăciu R., *Professor Alexandru Spătaru – A Life Time of Achievement* – Revue Roumaine des Sciences Techniques, Série électrotechnique et énergétique, Tome 55, No. 2, Avril–Juin, Editura Academiei Române, 2010.

EVOLUȚIA REȚELELOR DE CALCULATOARE ÎN ROMÂNIA

NICOLAE ȚĂPUȘ,
FLORIN GHEORGHE FILIP

INTRODUCERE

Tehnologia informației a avut o evoluție exponențială și, pe măsură ce știința și tehnologia au evoluat, a pătruns în toate domeniile de activitate. De la nevoile de bază până la cele mai complexe instrumente de cercetare, aproape fiecare aspect al stilului nostru de viață cotidian sau profesional este influențat de Internet și s-a schimbat radical. Pe măsură ce mergem în viitor dependența de Internet, de comunicare și rolul său în viața noastră o să fie din ce în ce mai mare.

Influența Internetului asupra societății este aproape imposibil de prezentat în mod corespunzător, deoarece este atât de cuprinzătoare și afectează aproape fiecare aspect al vieții. Nu există nicio îndoială că Internetul a schimbat lumea în care trăim. Unii susțin că această schimbare este în bine, în timp ce alții nu împărtășesc aceeași părere. Există multe persoane care își desfășoară activitatea profesională utilizând serviciile Internetului, iar unele dintre cele mai mari corporații din lume, cum ar fi Google, Yahoo, Ebay, Amazon, Facebook etc. există datorită Internetului.

Mulți dintre noi consideră că Internetul este una din cele mai importante invenții a omenirii.

Într-o lucrare anterioară [Filip, 1995], se arată cum unele *tehnologii informatice cu impact major* (TIIM) (denumite în engleză *disruptive technologies*) interacționează (influențând și fiind la rândul lor influențate în dezvoltarea proprie) cu alți factori importanți în lumea contemporană, și anume: *evoluțiile geopolitice și societale* (EGS), *evoluția întreprinderii* (I) și *cetățeanul* (C). În acea lucrare se arată că *tehnologiile informatice cu impact major* și, în primul rând, *rețelele de calculatoare* (RC) au contribuit la o serie de evoluții, privind: democratizarea accesului la informație, globalizarea, demasificarea și intelectualizarea producției și a întreprinderii și, respectiv, integrarea clientului în fabricație, învățământ tradițional sau online, socializare etc. Efectele influențelor exercitate de EGS, I și C asupra TIIM și RC se traduceau în globalizarea (interconectarea) rețelelor de calculatoare, creșterea performanțelor și a coeficienților de calitate (banda largă, securitatea datelor etc.).

Tehnologia informației și rețelele de calculatoare contribuie la valorificarea patrimoniului cultural național, cu impact mijlocit asupra altor sectoare ale vieții, ca: educație, cercetare, industrie, turism etc.

Infrastructura de servicii oferită de Internet acoperă o mulțime de aspecte din viața cotidiană, Dintre aceste aspecte menționăm [Prăveen, 2017]:

- *instruirea online* a adus o revoluție în domeniul educației și schimbului de cunoștințe. Cu o conexiune la Internet oricine se poate înscrie cu ușurință într-un program de educație online, din toată lumea. Multe școli de renume, colegii și universități din întreaga lume oferă suport online pentru cursurile desfășurate tradițional și, de asemenea, oferă un număr de programe educaționale online în diverse domenii;

- *vizualizarea geografică* la nivel de continent, țară, oraș, sat, stradă, casă a majorității locurilor de pe întreaga planetă (Google Maps);

- *lărgirea sferei de desfășurare a afacerilor* pe tot globul prin intermediul unui echipament de acces la Internet (calculator, tabletă, telefon mobil etc.). Tot mai mulți oameni folosesc lumea digitală ca pe o platformă excelentă pentru a-și promova bunurile și serviciile;

- *magazine online* de promovare a produselor. Internetul a revoluționat conceptul de cumpărături în viața noastră. Există o mulțime de locuri și magazine care oferă informații online despre produsele lor și unele oferă posibilitatea de cumpărare online (eBay, Amazon, eMag etc.);

- *moduri noi* de furnizare de informații și interconectare umană:

- Internetul acționează acum ca un ghid unic pentru toate informațiile și întrebările despre frumusețe, stil, modă, stil de viață, îngrijire personală, muzee și multe multe altele;

- obținerea unui loc de muncă acum a devenit mai ușoară, datorită Internetului. Există numeroase site-uri care vă oferă acum posibilitatea de a căuta locurile de muncă preferate;

- există o mulțime de site-uri de jocuri online disponibile cum ar fi jocuri de acțiune, jocuri puzzle, jocuri tactice, jocuri cu cuvinte, jocuri retro etc. Sunt unele jocuri cu un impact social și emoțional deosebit;

- fiecare poate obține tot felul de informații despre diferite subiecte fără a ieși din casă. Există posibilitatea să socializeze și să se conecteze cu cei apropiați și dragi din comunitate prin intermediul Internetului. Site-urile de socializare au contribuit la creșterea popularității Internetului în rândul oamenilor din întreaga lume.

CRONOLOGIE

O rețea de calculatoare se poate defini simplu, ca o structură de mijloace de prelucrare și comunicație sub forma unei mulțimi de noduri interconectate, având scopul de a oferi servicii de transfer de date structurate între utilizatori/aplicații. Internetul a revoluționat lumea comunicațiilor integrând toate descoperirile anterioare: telegraf, telefon, radio, calculatoare, oferind servicii diverse și complete.

În continuare, se prezintă o enumerare a principalelor evenimente care au marcat, în opinia utilizatorilor și specialiștilor, atât deschideri conceptuale, cât și evoluții semnificative în sfera aplicațiilor pe plan național și internațional.

1960

- 1961. **Leonard Kleinrock** a publicat prima propunere de funcționare la nivel global a rețelelor de calculatoare, *Information Flow în Large Communication Nets* stabilind principiile fundamentale ale comutării pachetelor, comutării mesajelor și comunicațiilor în rețelele de date [Kleinrock 1961].

- 1962. A fost lansat primul satelit de comunicație Telstar.



L. Kleinrock



J.C.R. Licklider

- 1962. **J.C.R. Licklider** de la MIT (Massachusetts Institute of Technology) a propus conceptul de „Rețea Galactică” fiind prima dată lansată ideea de rețea globală de calculatoare; A imaginat o interconectare globală de calculatoare prin care oricine ar putea accesa rapid date și programe de pe orice site [Licklider 1962] [Kleinrock 1964] [Kleinrock 1976].

- 1964. S-a înființat consorțiul internațional de telecomunicații prin satelit (INTELSAT):

- 1964. **Paul Baran** a publicat o serie de rapoarte privind comunicația distribuită (*Reports on Distributed Communications*), în care a propus ca informația să fie împărțită în blocuri înainte de a fi trimisă în rețea. A fost unul dintre cei doi inventatori independenți ai conceptului de comutare de pachete, care și astăzi stă la baza comunicațiilor de date în Internet [Baran 1964].

- 1964. Independent de Paul Baran, **Donald Davies** de la National Physical Laboratory-NPL, Anglia, introduce conceptul de comutare de pachete, concept ce va sta la baza dezvoltării rețelelor de calculatoare în deceniul următor [Davies, 1979].



Paul Baran



D. Davies



L. Roberts

- 1965. S-a lansat satelitul geostaționar Early Bird.
- 1965. **Lawrence Roberts** și Thomas Merrill conectează calculatorul TX-2 de la Laboratorul Lincoln din MIT cu calculatorul Q-32 din Santa Monica, California, printr-o linie telefonică de 2.4 Kbit/s, creând prima rețea de calculatoare de întindere mare WAN, [Roberts 1966] [Roberts 1967].

- 1965. Se demarează cercetările în domeniul sistemelor cu timp partajat (“time sharing”).

- 1968. Se creează grupul de standarde generale pentru transmisie de date cu comutare de pachete la CCITT (Commite Consultatif International pour Telephone et Telegraphie), care a lansat prima versiune a standardului X. 25 care a stat la baza rețelelor publice cu comutare de pachete PSDN (Public Switched Data Network).



Procesorul de interfață mesaje IMP

- 1969. Se demarează ARPANET, primul proiect semnificativ de RC pe scară mare (WAN – Wide Area Network), în cadrul ARPA (Advanced Research Projects Agency, SUA); Rețeaua avea patru noduri principale: UCLA – University California Los Angeles, Stanford University, Santa Barbara University California, University of Utah. BBN (Bolt, Berane k&Newman) a realizat, primul procesor de transmis mesaje în Internet denumit IMP (*Interface Message Processor*) [Heart, 1970].

1970

- 1970. A fost realizat, la Catedra de Calculatoare din Institutul Politehnic din Bucuțrești, primul sistem conversațional cu acces multiplu din România

denumit SISIF (P. Dimo, I. Athanasiu, V. Cristea). Sistemul era bazat pe interconectarea sistemelor de calcul HP2116B și IBM1130, [DepCalcUPB 2014].

- 1971. O echipă condusă de prof. **Marius Guran**, membru de onoare al Academiei Române, demararează, la ICI (Institutul Central de Informatică), primele studii din România privind rețelele de calculatoare [Guran, 1971] [Păunescu, 1996].

- 1972. La IRIA (Institut de Recherche en Informatique et en Automatique), în Franța, se demarează proiectul CYCLADES, condus de **Louis Pouzin**, cu scopul de a investiga alternative la proiectul ARPANET. Rețeaua CYCLADES se bazează pe conceptul comutației de pachete și introduce unele îmbunătățiri referitoare la separarea rețelei de comunicații (Cigale) de rețeaua resurselor de calcul, denumite „host”, precum și la controlul traficului în rețea, îmbunătățiri ce vor fi ulterior preluate de Vinton Cerf și Robert Kahn în elaborarea protocoalelor TCP/IP [Pouzin 1973] [Pouzin 1979].



L. Pouzin

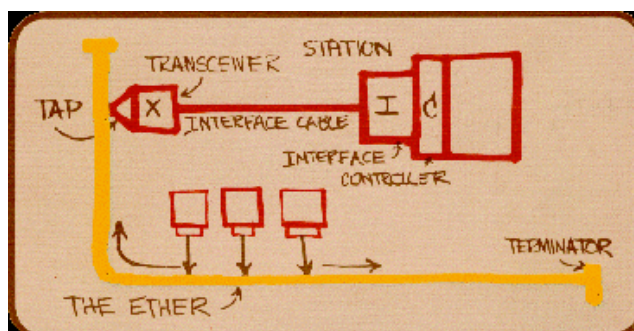
- 1973. La Xerox PARC, este proiectată **tehnologia Ethernet** de către **Bob Metcalfe**, **David Boggs**, Chuck Thacker și Butler Lampson [Metcalfe 1976].



Bob Metcalfe

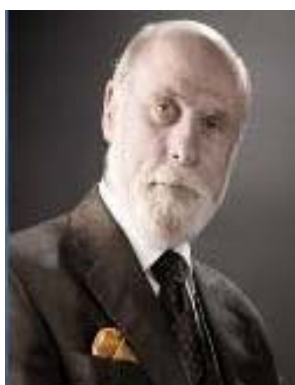


David Boggs



Prima schiță pentru Ethernet.

- 1974. **Vinton Cerf** și **Robert Kahn** au propus și implementat protocolul de rețea TCP / IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) [Cerf 1974] [Kahn 1978]. Vinton G. Cerf și Robert E. Kahn au primit *AM Turing Award*, în anul 2004. Vint Cerf, considerat „the father of the Internet”, a fost medaliat cu „America’s highest technology award”, în anul 1997, și cu medalia „Queen Elizabeth Prize for Engineering”, în anul 2013.



Vinton Cerf



Robert Kahn

- 1975. Fabricația primelor modemuri românești (IPA) și testarea liniilor de comunicații din România pentru transmisia de date (ICI și MTTc).
- 1976. Programul SATNET este dezvoltat pentru a lega Statele Unite și Europa. Sateliții sunt deținute de un consorțiu de națiuni, extinzând astfel accesul Internetului dincolo de SUA.
- 1976. Elisabeta a II-a, Regina Regatului Unit al Marii Britanii și Irlandei de Nord, trimite un e-mail, la 26 martie, de la Signals Royal.
- 1979. USENET, prima rețea de știri este dezvoltată de Tom Truscott, Jim Ellis și Steve Bellovin.
- 1979. Lansarea de către ISO (International Standard Organization) a modelului de referință OSI (Open Systems Interconnection) cuprinzând șapte niveluri funcționale (fizic, legătura de date, rețea, transport, sesiune, prezentare și aplicație); Standardul TCP a rămas standard de facto cu 5 niveluri (fizic, legătura de date, rețea, transport și aplicație).
- 1979. DARPA a creat ICCB (*Internet Control & Configuration Board*) pentru implementări în universitățile americane.
- 1979. primul prototip românesc de LAN (Local Area Network) este realizat, hard și soft, la ICI de către o echipa condusă de dr. **Florin Păunescu** din care mai faceau parte **Iulian Popa**, **Dan Petre Goleșteanu**, Liana Dogaru și alții [Păunescu, 1993].
- 1979. În decembrie 1979, în România se experimentează pentru prima dată interconectarea a două calculatoare pe linie telefonică închiriată, între un minicalculator instalat la ICI București și un calculator Felix, instalat la Centrul Teritorial de

Calcul Electronic Constanța. În cadrul experimentului s-a realizat un transfer de fișiere între cele două calculatoare. Experimentul a fost realizat de Vasile Papadopol, Eugenie Stăicuț de la ICI și Valeriu Orbeanu de la CTCE Constanța.



Fl. Păunescu



Iulian Popa



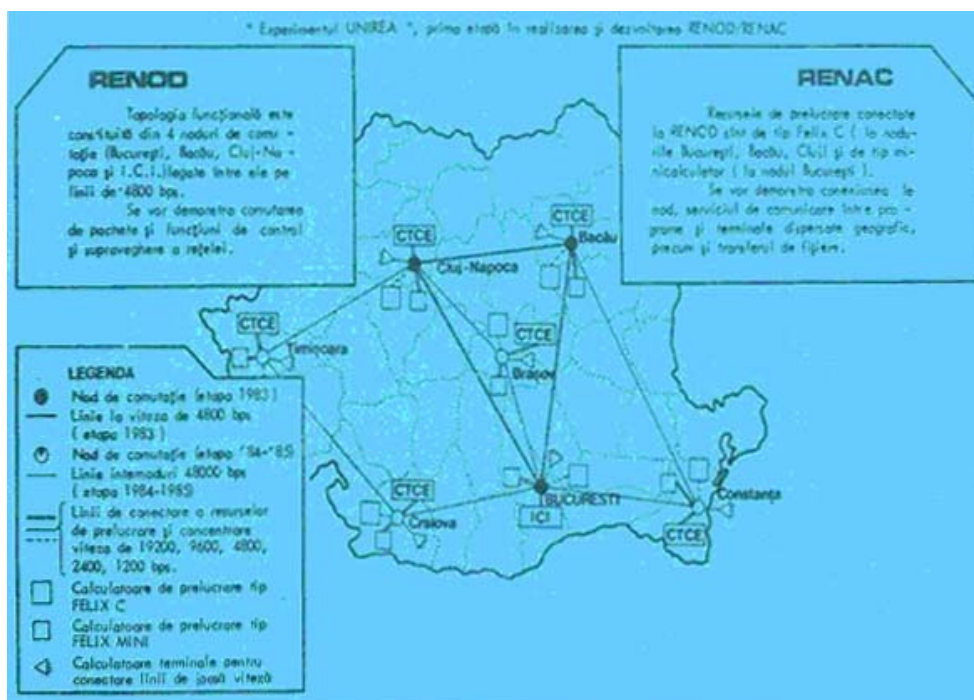
D.P. Goleșteanu

1980

- 1981. Este înființat BITNET care asigura transmiterea interactivă sigură a fișierelor și mesajelor către alți utilizatori.
- 1981. Fundația Națională de Știință permite calculatoarelor să intre în rețea fără a fi conectate la rețelele guvernamentale.
- 1983. ARPANET standardizează TCP/IP.
- 1983. Reorganizarea ICCB în IAB (Internet Activities Board). Se separă MILLNET (partea militară a ARPANET).
- 1983. CAMELEON (Connectivity, Adaptability, Modularity, Extensibility, Local, Efficiency, Openness, Networking), reprezentând prima rețea locală de tip magistrală (Ethernet), realizată în România, în perioada 1983–1986, cu elementele de interfațare la magistrală asimilate în fabricație, în țară la ICE Felix, pe baza specificațiilor ICI.
- 1984. Paul Mockapetris și Jon Postel introduc DNS Domain Name System – Sistemul de nume de domenii.
- 1984. Prima rețea de tip WAN, de concepție românească și cu echipamente românești – Experimentul UNIREA, având inițial trei noduri, este realizată de către ICI și MTTc de o echipă condusă de prof. **Marius Guran** din care făcea parte F. Păunescu, E. Stăicuț, V. Papadopol, M. Grozăvescu, S. Coman, L. Onulescu, V. Tomescu. Echipa a primit Premiul Academiei Române „Traian Vuia” în 1985. Rețeaua a cuprins în 1989 un număr de 18 noduri operaționale [Guran 1995] [Guran 2015].



M. Guran



Prima rețea de tip WAN, Experimentul Unirea.

- 1984. În cadrul rețelei Naționale de Calculatoare RENAC/RENOD de la ICI, se realizează prima aplicație de poștă electronică CORA – sistem de programe pentru realizarea corespondenței automate (autor: Mircea Hrin).

- 1985. Proiectul SAHIM (Sistem de avertizare hidro-meteo al Institutului de meteorologie) finanțat de OMM, care a presupus realizarea unei rețele de calculatoare la nivel național, care interconecta mai multe minicalculatoare amplasate pe principalele cursuri de apă cu un centru de calcul amplasat la INMH, conectat la rândul lui cu centre similare din țări vecine sau apropiate (Bulgaria, Ungaria, Cehoslovacia, URSS). În cadrul sistemului se prelucrau datele hidro-meteo și se faceau schimburi de date pentru a compune hărți meteo cu evoluția principalilor parametri, care erau transmiși beneficiarilor în mod periodic sau excepțional, când era cazul, ca avertizare în evoluția vremii (agricultura, armata, transporturi aeriene, rutiere, navale, etc). Responsabil de proiect: Ion Dumitrașcu, ICI.

- 1985. Experiența câștigată în cadrul proiectului RENAC/RENOD a fost utilizată în conceperea și realizarea unor proiecte de anvergură, la nivel național. În acest sens se pot aminti, ca exemplu, Sisteme informatice pentru centrale industriale (CI) cu unități dispersate geografic, cum au fost: CI – Gaz Metan, CI – PISZ (Prelucrarea și Industrializarea Sfeclei de Zahăr), GAB, CI pentru întreprinderile care fabricau avioane, componente pentru avioane sau realizau reparații etc. Responsabili de proiecte: **Marcel Grozăvescu, Viorel Tomescu, ICI.**



V. Tomescu



M. Grozăvescu

- 1986. Eric Thomas dezvoltă primul Listserv.
- 1989. ARPANET încetează să mai existe, se transformă în DARPA.

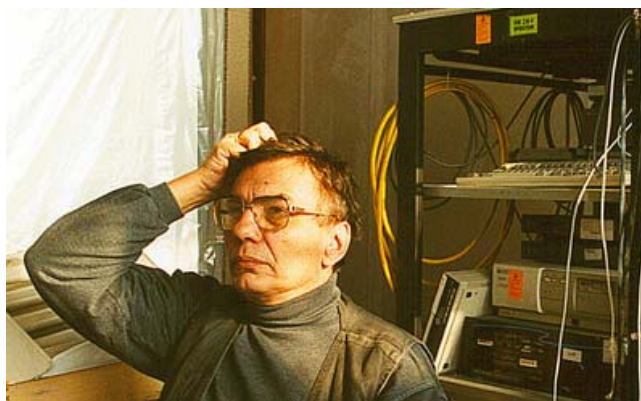
1990

• 1989/1990. **Tim Berners-Lee** de la CERN (*European Organization for Nuclear Research*), Laboratorul European pentru Fizica particulelor din Geneva, inventează WWW (*World Wide Web*) [Griffiths, 2002].

• 1990. Universitatea „Politehnica” București și Technische Universität Darmstadt au demarat un proiect pentru a stabili un sistem experimental de poștă electronică și de a dezvolta o infrastructură de comunicații de date conectată la rețeaua internațională de date; conectivitatea la nivel internațional era realizată prin dial-up (coordonare **Nini Popovici**).



Tim Berners-Lee



Nini Popovici in laboratorul de comunicații date.

- 1990. Catedra de Calculatoare din UPB (șef catedră **Nicolae Țăpuș**) a instalat prima rețea locală din mediul academic– LAN, cu calculatoare Compaq și software Novell Netware, o donație de echipamente din Franța.
- 1990. În Universitatea „Politehnica” din București se predau primele cursuri de Rețele Locale (prof. **Nicolae Țăpuș** și **Trandafir Moisa**).
- 1990. În Republica Moldova au fost create Centrul Republican de Informații și Centrul de Cercetări în Informatică [Bolun 2011].
- 1991. La inițiativa Academiei Române, a Ministerului Învățământului și a Comisiei Naționale de Informatică, prim-ministrul al Guvernului României aprobă finanțarea din bugetul de stat pentru cercetare a unui proiect de conectare la subrețeaua EARN, având ca prime noduri ICI, IFA și IPB. Proiectul a fost elaborat de acad. **M. Drăgănescu**, președintele Academiei Române și viceprim-ministru al Guvernului României, acad. **A. Țugulea**, secretar de stat în Ministerul Învățământului și dr. Damian Popescu, președintele Comisiei Naționale de Informatică [Drăgănescu, 1991].



M. Drăgănescu



Al. Țugulea

- 1991. Demararea proiectului PIB-TH Darmstadt *Data Processing and Communication*, coordonator Nicolae Popovici [Popovici, 1994].
- 1991. La Centrul Republican de Informații din Republica Moldova este instalat un nod al rețelei RELCOM. [Bolun 2011].
- 1992. La Institutul Național de Cercetare–Dezvoltare în Informatică (ICI) s-a instalat prima conexiune permanentă la Internet între ICI și Universitatea Viena, care a obținut înregistrarea domeniului.ro; adresa 192.162.16.0/24 de tip clasa C (coordonare: Iulian Popa, responsabil de proiect: Eugen Stăicuț). Finanțarea a fost obținută de la Fundația Mellon cu ajutorul acad **Gh. Tecuci**.
- 1992. Revista *Studies in Informatics and Control* (redactor-șef **F.G. Filip**) devine prima publicație periodică științifică din țară cu o versiune on line în 1993 (<https://sic.ici.ro/>) și acces gratuit la textul integral.
- 1992. Se realizează un proiect cu Deutsches Forschungsnetz (DFN – Verein), care pune bazele rețelei naționale universitare române. A fost instalat un server de comunicații la București cu o conexiune X25 la German Scientific Network – WIN, printr-o linie dedicată X25, între București și Germania, Universitatea „Politehnica”

din București asigurând o linie de acces dial-up pentru transmiterea mesajelor e-mail atât pentru personalul propriu cât și pentru alte universități din țară.



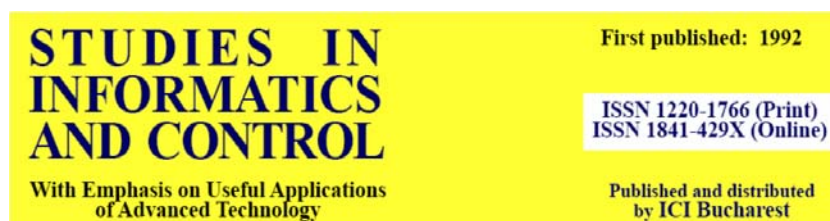
E. Stăicuț



Gh. Tecuci



F.G. Filip



- 1992. Se înființează, prin Ordinul Ministrului Învățământului și Științei, RAR – „Rețeaua Academică Română pentru transmisia și prelucrarea datelor” care a deservit unitățile de cercetare și învățământ superior.

- 1992. La ICI-București), colectivul condus de Eugenie Stăicuț a creat primul registru local IP (LIR) din România care a furnizat adrese IP de conectare la Internet atât utilizatorilor săi cât și altor instituții care au început să-și creeze propria infrastructură de Internet. Pentru o perioadă de mulți ani, ICI-București a fost singurul registru de alocare adrese IP în România.

- 1992. Președintele George Bush a introdus corespondența prin e-mail la Casa Albă, USA.

- 1992. Primul nod românesc, care realizează legătura internațională cu European Academic Research Network prin Universitatea din Viena, devine operațional la ICI (ROEARN, BITNET) [Stăicuț, 1995]. La acest nod se leagă curând IFA, IPB, U. T. Timisoara, CEPES și IMAR. În martie 1993 nodul asigură conectivitate completă la Internet [Toia 1994]. Pentru realizare, I. Popa, E. Stăicuț și Gh. Macri primesc Premiul Academiei Române în 1995.

- 1992. Internet se globalizează, IAB se reorganizează în ISOC (Internet Society International).

- 1992. Se proiectează o primă concepție cadru a unei rețele pentru cercetare și învățământ superior denumită RNC [Cristea 1993]. Proiectul, conceput cu contribuția

lui **I. Popa**, **E Stăicuț**, **A. Toia**, **P. Cristea**, N. Popovici este, în continuare, actualizat anual [Petrescu, 1993], [Stăicuț, 1995-2], [Tănăsescu, 1996], [Țăpuș, 1995].



Iulian Popa



E. Stăicuț



A. Toia



P. Cristea

• 1993. ICI-București (director **F.G. Filip**) devine primul furnizor de servicii Internet în România, dezvoltând în anii următori Rețeaua Națională de Cercetare (RNC), care, în anul 2003, conecta peste 100 instituții pe linie permanentă și 250 instituții pe linie „dial-up”, oferind servicii Internet la peste 15.000 utilizatori persoane fizice. ICIA (director **Dan Tufiș**) realizează conectarea institutelor Academiei Române și instruirea utilizatorilor din instituție. O parte din cheltuielile de exploatare sunt suportate din veniturile proprii ale ICI rezultate din contractele de export.



Dan Tufiș

• 1993. În Republica Moldova este înființat Centrul Republican de Informatică, unde este instalat un nod al rețelei EARN/BITNET, cu un canal internațional de transmitere a datelor de la ICI (Institutul de Cercetări în Informatică, București), care asigura accesul la Internet.



Conexiunea internațională a României.

- 1993. S-au lansat programele „Computere pentru licee” și „Conectarea la Internet” care a condus la dezvoltarea unei rețele a liceelor prin informatizarea acestora cu laboratoare de informatică și conectare la Internet. Această rețea a funcționat inițial prin dial-up (linie comutată) pentru e-mail cu protocolul UUCP, iar apoi on-line, prin TCP/IP (coordonare Nicolai Sandu).

- 1993. La ICI-București, colectivul condus de **Eugenie Stăicuț**, a înregistrat la IANA (Internet Assignmet Numbers Authority) domeniul de adresare de nivel înalt „.ro” în Internet, creând astfel o identitate proprie a României în spațiul de adresare Internet; Deși erau alocate adrese IP utilizatorilor din România și domeniul „.ro” era înregistrat la IANA în 26.02.1993, conectivitatea Internet pentru România era posibilă doar la nivelul Europei, utilizatorii din România nu aveau conectivitate Internet cu America. Începând cu 16 aprilie 1993 România are conectivitate Internet deplină cu America.

- 1993. Universitatea „Politehnica” București implementează prima rețea locală LAN, la nivel de universitate, pe care o conectează prin linie dedicată la EuropaNet. Lățimea de bandă a liniei era de 9.6 kbps, iar punctul de acces situat la Düsseldorf – Germania. În același an apar două noi conexiuni interne: București–Cluj și București–Iași, prin care se conectează rețelele a două dintre cele mai importante universități din țară: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca și Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași.

- 1993. Se raportează 1,3 milioane calculatoare „host” la Internet.

- 1993. Este lansat în SUA programul de construire a infrastructurilor informatice globale („autostrăzile informaționale”).

- 1993. Infrastructura de comunicații a UPB devine operațională în luna iunie [Popovici 1994].

- 1993. Apariția SC EUNET SRL, primul operator comercial Internet din România [ComWorld 1996].

- 1993. WWW (regăsirea informației hipermedia larg distribuită care oferă acces universal la un vast univers de documente) este pus în domeniul public de CERN.

- 1993. MOSAIC, primul web browser dezvoltat la National Center for Supercomputing Applications (NCSA), cel mai popular browser de la mijlocul anilor '90 [Kahn 1997].

- 1994. Raportul Bangemann, indicând proiectele-pilot bazate pe RC, este prezentat Consiliului European. [Bangemann 1994].

- 1994. Administrația Clinton a dezvoltat primul WEB site pentru Casa Albă, SUA.



J.F Coates

- 1994. **J.F. Coates** publică *The Highly Probable Future 83 Assumptions About the Year 2025*, World Future Society [Coates 1994], în care enumeră 83 de evenimente foarte probabile pentru anul 2025. Dintre acestea sunt de menționat: o singură rețea de rețele în bandă largă, bazată pe fibră optică; fuziunea completă a calculatoarelor cu telecomunicațiile; apariția unui nou vocabular conținând: televotare, telemunca, teleorice; comunități virtuale nenumărate la scară planetară, bazate pe legături electronice; privatizarea Internet; circa 40% din muncă se va face distribuit, la distanță, iar mersul la serviciu va deveni istorie pentru mulți.

- 1994. Demarează instalarea primei legături prin satelit cu PTT Austria a nodului Internațional al ICI cu Universitatea Viena, la viteza de 64 kbps, în cadrul programului PHARE „Restructurarea sistemului de știință și tehnologie în România, modulul RNC”. Această linie devine operațională în martie 1995 și va funcționa până în februarie 1999.

- 1994. În vederea îmbunătățirii accesului instituțiilor de cercetare la RNC (Rețeaua Națională de Cercetare), se realizează o rețea backbone în București, cu noduri la IPA, INSCC, INCERC, ICTCM, IMAR.

- 1994. S-a înființat PCNET de către Mihai Bătrâneanu, care a fost și președintele Asociației Naționale a Furnizorilor de Servicii Internet din România.

- 1994. Peste 30 de instituții din România sunt conectate via dial-up și, în cele din urmă, prin linii analogice închiriate cu viteze de ordinul a 2400 bps. Rețeaua în plină expansiune reușește să obțină recunoaștere oficială, fiind denumită Rețeaua de Date a Învățământului Superior – RDIS („Romanian Higher Education Network”) prin Ordinul 8964 din 24.11.1994 al Ministrului Educației. Un rol important în crearea RDIS l-a avut profesorul **Paul Cristea**, membru corespondent al Academiei Române și prof. T. Moisa, E. Stăicuț, N Popovici.



P. Cristea



T. Moisa

- 1994. Se înființează compania Yahoo, în ianuarie 1994, de către **Jerry Yang** și **David Filo**, un portal web care oferă motorul de căutare Yahoo Search, și o serie de alte servicii bazate pe un cont unic.



Jerry Yang



David Filo

- 1994. S-a derulat proiectul TEMPUS „Development în România of short-time higher education în computing, centered on distributed processing and its applications”, condus de Universitatea „Politehnica” din București (**Nicolae Țăpuș**) și Universitatea din Marsilia (**Traian Muntean**), care a reunit mai multe universități tehnice și de profil informatic din Europa și din România (Universitatea „Politehnica” din București, Universitatea București, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca, Universitatea din Craiova, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași, Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, Universitatea Tehnică din Timișoara, Universitatea de Vest din Timișoara, University of Marseille, Sophia Antipolis University of Nice, National Politechnic Institute of Grenoble, Joseph Fourier University of Grenoble, France, „Politecnico” of Torino, Italy, Free University Amsterdam, Netherland, Ruhr University of Bochum, Germany). Proiectul a avut o importanță deosebită în dezvoltarea domeniului sistemelor distribuite în România. În toate universitățile de profil din România s-au introdus cursuri de sisteme distribuite și ulterior, odată cu dezvoltarea infrastructurii Internet, cursuri de cluster, GRID computing și Cloud.



T. Muntean



N. Țăpuș

- 1995. Stabilirea unei priorități importante pentru societatea informațională în România, în cadrul Strategiei de aderare la UE. Actualizarea strategiei de informatizare a României [Costake 1995].
- 1995. Extinderea numărului de operatori și furnizori comerciali de servicii de rețea din România [27].
- 1995: În luna iunie este închiriat un nou canal de comunicații între București și nodul de acces al EuropaNet (DanteNet) din Amsterdam și astfel conexiunea externă crește de la 9.6 Kbps la 64 Kbps. Sunt conectate peste 70 de instituții iar noul canal de comunicații este rapid saturat, impunându-se rapid o nouă creștere a lățimii de bandă [Kalin, 1995].
- 1995. Se lansează *Internet Explorer* de către Microsoft.
- 1996. 9,5 milioane calculatoare „host” în Internet.
- 1996. Toate orașele universitare din țară sunt conectate la Rețeaua de Date a Învățământului Superior. În februarie se realizează o nouă conexiune VSAT cu lățimea de bandă de 256 Kbps la TaideNet [Popovici, 1996]
- 1996. În decembrie 1996, nodul internațional al RNC de la ICI este conectat la Europeanet pe linie digitală prin fibră optică de 64 kbps între București și Budapesta, această linie a funcționat până în februarie 1998.
- 1996. La ICI se înființează BUHIX – primul nod de tip „Internet Exchange” din România pentru interconectarea furnizorilor de servicii Internet (ISP) din București. În anul 2000 erau 17 furnizori de servicii Internet conectați la BUHIX. Acesta a funcționat până în anul 2001, când ANISP (Asociația Națională a furnizorilor de Internet din România) a înființat RONIX.
- 1996. În Republica Moldova este creată rețeaua interuniversitară Moldnet cu un canal internațional de conectare la Internet de 64 Kbps [Bolun 2011].
- 1997. RDIS se transformă în RoEduNet (Romanian Education Network) prin Ordinul Ministerului Educației nr. 3629 din 25 martie 1997. Conexiunea internațională a RoEduNet este mărită la 1.5Mbps, conexiune satelit prin TaideNet.



Sergey Brin

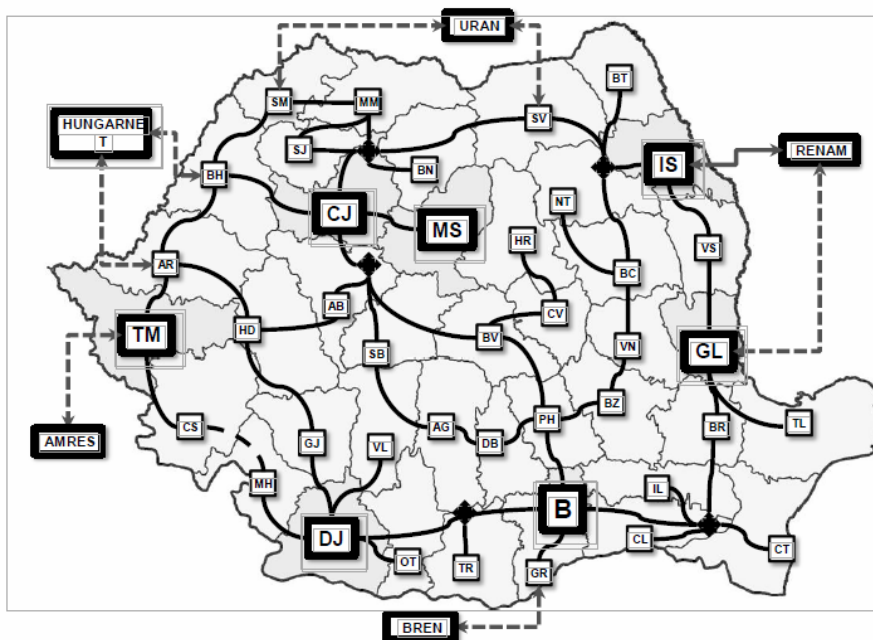


Lary Page

- 1998. A fost fondată compania Google în Mountain View, care a devenit una dintre cele mai prestigioase companii din lume, oferind servicii diverse

publicului larg, de la email la căutare inteligentă a documentelor online, și video streaming. De menționat în special serviciile: de căutare pe Internet, Google maps-vizualizare globală a hărților la nivel de imobil, Google Earth – oferă imagini din satelit ale Pământului, navigator pe web – Google Chrome, sistem de email – Gmail, sistem de operare – Google Chrome OS, traducere online pentru o gamă largă de limbi – Google Translate, rețea de socializare Google+ care încorporează conectare audio-video între utilizatori.

- 1998. Fondarea oficială a agenției de management a **RoEduNet** prin HG 515/21.08.1998. Denumirea completă este Oficiul pentru Administrarea și Operarea Infrastructurii de Comunicații de Date RoEduNet, abreviat O.A.O.I.C.D. RoEduNet. Primul director a fost Nicolae Popovici, iar în decursul timpului RoEduNet a fost condusă de Eduard Andrei, Octavian Rusu și Gheorghe Dinu. Este realizată prima rețea națională de comunicații de date pentru educație și cercetare de nivel național prin înființarea și dotarea cu echipamente de comunicații și servere a celor 6 noduri regionale la Iași – Universitatea „Al. I. Cuza”, Tg. Mureș – Universitatea „Petru Maior”, Cluj-Napoca – Universitatea Tehnică, Timișoara – Universitatea Tehnică din Timișoara și Craiova – Universitatea din Craiova. Nodul central al rețelei era instalat la Universitatea „Politehnica” din București. În decembrie Ministerul Educației acoperă costurile unei noi conexiuni internaționale de 4 Mbps via LoralOrion. Noua conexiune a funcționat în paralel cu cea existentă reușind să acopere cerințele din ce în ce mai mari de ale instituțiilor conectate. La nivelul nodurilor naționale activitatea a fost condusă de **Călin Enăchescu, Andrei Eduard, Ioan Jurca, Octavian Rusu, Kalman Pusztai**, Remus Brad, Oleg Cernian și Dan Mancaș.



Rețeaua academică RoRduNet

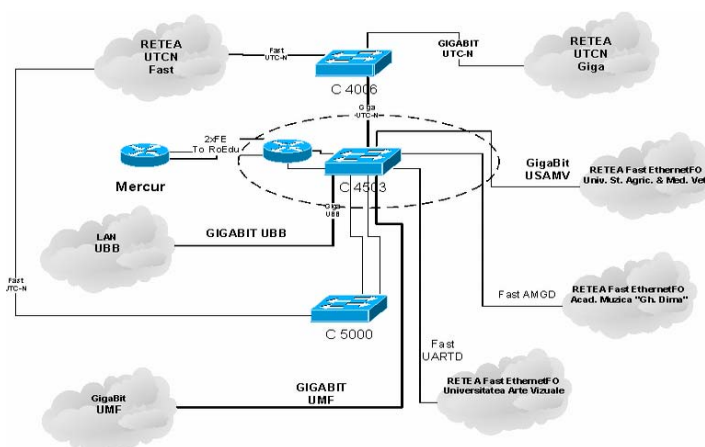


Conducerea RoEduNet

C. Enăchescu, E. Andrei, I. Jurca, A.V Marinescu, O. Rusu, K. Pusztai.

- 1999. La Catedra de Calculatoare a UPB se înființează Academia locală CISCO și ulterior s-a dezvoltat CATC – Centrul internațional de pregătire în domeniul tehnologiei rețelelor de Calculatoare, care a coordonat activitatea a 43 de Academii regionale din 12 țări din Europa de Est și Asia Orientală și activitatea a 271 de Academii Locale din România (Director CATC **Nicolae Țăpuș**). Un rol foarte important în înființarea CATC Romania și coordonarea activităților de pregătire la nivel global l-a avut **Nicolai Sandu**, responsabil academic la CISCO și **Răzvan Rughiniș** de Universitatea „Politehnica” din București.

- 1999. Se inaugurează rețeaua CAMAN (Cluj Academic Metropolitan Area Network), de 1Gbps, prima Rețea Metropolitană Academică din România, coordonată de prof. **Kalman Pusztai**.



Rețeaua CAMAN, 1 Gbps.

- 1999. În Republica Moldova este fondată rețeaua științifico-educatională RENAM, care prestează servicii Internet instituțiilor de cercetare, învățământ superior și medicină [Bolun 2011].

2000

- 2000. Nodul internațional de la ICI se conectează prin linie satelit între București și New York, la viteza de 2 Mbps, în cadrul unui contract cu firma Loral Orion din SUA.

- 2000. Prin proiectul „NATO NIG. 976762 – Romanian National R&D Computer Network Infrastructure Augmentation”, finanțat de NATO, se obțin fonduri pentru creșterea vitezei de comunicație pe liniile dintre nodul ICI și nodurile din țară: Constanța, Pitești, Ploiești, Brașov și Râmnicu Vâlcea. Responsabil de proiect: Eugenie Stăicuț.

- 2000. Subcomitetul pentru Rețele de calculatoare din NATO “Science for Peace” îl include pe acad. F.G. Filip pentru o perioadă de doi ani.

- 2001. RoEduNet se conectează la GÉANT la o capacitate de 34Mbps. Aceasta face posibil accesul direct al comunității academice române la cea mai mare rețea din lume – ca întindere și capacitate (la acel moment erau peste 3000 de instituții de educație și cercetare din peste 30 de țări, cuprinzând 28 de rețele naționale ale educației și cercetării). Conectarea RoEduNet la rețeaua GÉANT a marcat integrarea rețelei pentru educație și cercetare din România în efortul european pentru construirea rețelei GÉANT și a adus instituției calitatea de membru al celei mai mari rețele academice din lume. (Director RoEduNet: Eduard Andrei – a reprezentat Romania în proiectele GN2 (GÉANT2), SEEREN, SEEREN2 și SEEFIRE).

- 2001. Jimmy Wales lansează Wikipedia, o enciclopedie accesibilă online creată și întreținută de voluntari.

- 2002. Evoluția rețelei RoEduNet a fost determinată de necesitatea creșterii capacității liniei de conectare cu rețeaua GÉANT. Aceasta este mărită la 155 Mbps (1 × STM1).

- Legătura RoEduNet (Iași) – MolData (Chișinău), proiect finanțat de subcomitetul pentru Rețele de calculatoare din NATO Science for Peace.

- 2002. Conferința “*Information Society Technologies (IST) for Broadband Europe* (București, 8–11 octombrie), în organizarea INSCC (director dr. **I. Stănculescu**) cu sprijinul și colaborarea Comisiei Europene (prof. **G. Metakides**), Academiei Române (acad. M. Drăgănescu, acad. F.G. Filip), ICI, UPB, Ministerul Educației și Cercetării, RomTelecom, Intrarom, SAP ș.a. Tim Berners Lee, aflat la Boston, a interacționat cu studenți din universități românești conectate prin videoconferință la evenimentul la care au participat delegați din 29 de țări.

- 2002. Se înființează consorțiul *RoGrid* condus de ICI (director prof. **Doina Banciu**, coordinator proiecte dr. ing. **Gabriel Neagu**), cu partenerii UPB, IFIN, INCAS și Universitatea din București.

- 2002. Se lansează Eduroam, un serviciu de roaming internațional pentru utilizatorii din domeniul cercetării și al învățământului superior. Oferă cercetătorilor, profesorilor și studenților acces ușor și sigur la rețea atunci când vizitează o instituție diferită de cea proprie. Autentificarea utilizatorilor este efectuată de către instituția

lor de origine, folosind aceleași acreditări ca atunci când accesează rețeaua local, în timp ce autoritatea de accesare a Internetului și eventual alte resurse este gestionată de instituția vizitată. Utilizatorii nu trebuie să plătească pentru utilizarea eduroam.



Prof. George Metakides



Dr. Ion Stănculescu



G. Neagu



D. Banciu



M. Zuckerberg

- 2003. Se lansează Skype, ce permite gratuit utilizatorilor să efectueze convorbiri audio și video prin Internet.

- 2003. Capacitatea conexiunii internaționale RoEduNet la GÉANT crește la 622Mbps (1 × STM4).

- 2003. Rețeaua RENAM din Republica Moldova este conectată la rețeaua transeuropeană GEANT prin intermediul RoEduNet [Bolun 2011].

- 2004. Se înființează compania Facebook de către **Mark Zuckerberg**, care oferă o rețea de socializare. În 2018 erau conectați peste 2,2 miliarde de utilizatori. Fiecare utilizator înregistrat pe Facebook își poate obține propriul profil personal corelat cu mesajele și conținutul lor.

- 2004. RoEduNet participă, în calitate de rețea academică națională – NREN, la proiectul GEANT2, proiect finanțat în cadrul FP6 de către CE.

- 2005. Se înființează YouTube de către **Chad Hurley**, **Steve Chen** și **Jawed Karim**, un site web unde utilizatorii încarcă materiale audio și video și apoi pot fi vizionate de oricine se conectează la acest site. În 2018 sunt 1,8 miliarde de utilizatori, în fiecare minut se încarcă peste 100 ore de video, volumul de date fiind peste 1 exabyte (100 000 GB). Acum face parte din compania Google.



Chad Hurley



Steve Chen



Jawed Karim

- 2005. RoEduNet, capacitatea conexiunii internaționale la GÉANT crește la 1,244 Gbps ($2 \times \text{STM4}$). La propunerea RoEduNet (Q2/2005), Ministerul Educației, Cercetării și Inovării aprobă inițiativa de realizare a unei rețele de mare viteză pentru educație și cercetare în colaborare cu SC Telecomunicații CFR.

- 2006. Se înființează Twitter de către Jack Dorsey, un site care permite utilizatorilor să trimită și să citească mesaje scurte (de maximum 140 de caractere) numite *tweets*. Sunt conectați peste 300 de milioane de utilizatori.

- 2006. În cadrul colaborării Catech–CERN – Universitatea „Politehnica” din București se concepe sistemul MonaLisa (MONitoring Agents using a Large Integrated Services Architecture), care se bazează pe arhitectura serviciului distribuit dinamic și este capabil să furnizeze servicii complete de monitorizare, control și optimizare globală pentru sistemele larg distribuite. A devenit un instrument de monitorizare a sistemelor distribuite la CERN și în cadrul laboratoarelor care dezvoltă aplicații distribuite. Echipa de proiectare și implementare a fost condusă de **Iosif Legrand** și **Harvey Newman** de la Caltech, respectiv **Nicolae Țăpuș** și **Valentin Cristea** de la Universitatea „Politehnica” din București, care a condus echipa de doctoranzi din UPB. În 2006 M.Toartă, N. Țăpuș, C. Stratan, C. Cirstoiu, C. Grigoraș, R. Voicu, A. Muraru, C. Dobre, L. Mușat, A. Costan, F. Pop, A. Herișanu de la UPB, I. Legrand, H. Newman de la Caltech au primit premiul CENIC 2006 Innovation Award for High-Performance Applications • MonALISA • oferit de Corporation for Education Network Initiatives în California (CENIC).



I. Legrand



H. Newman



N. Țăpuș



V. Cristea

- 2006. Acordul între RoEduNet și CFR este semnat în decembrie 2006 și permite utilizarea rețelei de fibră optică a SC Telecomunicații CFR pentru realizarea în comun a unei rețele de comunicații bazată pe tehnologie DWDM denumită RoEduNet2.
- 2006. În Universitatea „Politehnica” din București se realizează cea mai performantă rețea universitară din țară, cu trei noduri principale (Splaiul Independenței, Iuliu Maniu și Polizu) având o infrastructură de 10 Gbps (coordonatori Nicolae Țăpuș și Gheorghe Dinu).
- 2007. Google lansează serviciul de vizualizare la nivel de stradă, Street View extins apoi la nivel global.
- 2007. RoEduNet, capacitatea conexiunii internaționale la GÉANT crește la 1,866 Gbps ($3 \times \text{STM4}$). RoEduNet solicită conexiune la rețeaua GÉANT cu capacitate de 10 Gbps.
- 2008. Google lansează Google Chrome WEB browser.
- 2008. RoEduNet, capacitatea conexiunii internaționale la GÉANT crește la 10 Gbps în condițiile în care DANTE (coordonatorul proiectului GÉANT2) instalează un POP al rețelei Europene la București în nodul național al rețelei RoEduNet din București.
- 2008. Se lansează programul operational „Creșterea Competitivității Economice, Competitivitate prin Cercetare, Dezvoltare Tehnologică și Inovare,” care susține

investiții în infrastructura de CDI care a avut ca obiectiv dezvoltarea unor rețele de centre C–D, coordonate la nivel național și racordate la rețele europene și internaționale de profil (GRID, GEANT). Au fost create noduri GRID în Universitatea „Politehnica”



I.Cojocaru

din București (coordonator **N. Țăpuș**), Universitatea de Vest din Timișoara (coordonator **Dana Petcu**), Universitatea Tehnică Cluj-Napoca (**Emil Cebuc**), Universitatea Craiova (**Dan Mancaș**), Institutul de Cercetări în Informatică (**Gabriel Neagu**) ș.a.

• 2008. În baza centrului Resurse și Rețele Informaționale al Academiei de Științe a Moldovei la 30 iunie 2008 a fost creat „Institutul de Dezvoltare a Societății Informaționale” (director dr. **Igor Cojocaru**), care se axează pe realizarea soluțiilor și a cercetării în domeniul TIC pentru dezvoltarea societății informaționale și colaborarea între știință și industrie. (membri ai Consiliului științific: acad. F.G. Filip și prof. Horațiu Dragomirescu).

2010

• 2010. Se lansează prima versiune de INSTAGRAM.

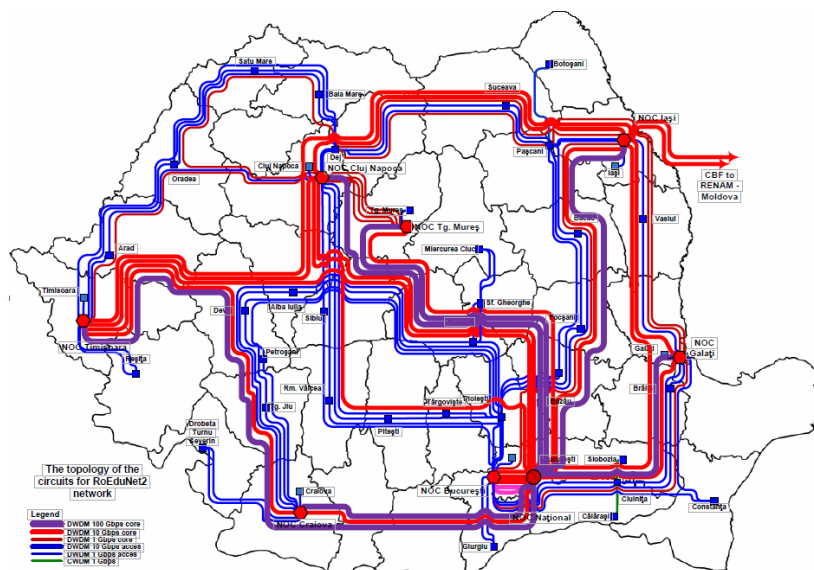
• 2010. În Republica Moldova este creată rețeaua ACADEMICA (administrată de Institutul de Dezvoltare a Societății Informaționale), care interconectează toate instituțiile de cercetare subordonate Academiei de Științe a Moldovei într-o rețea 1 Gbps, conectată la RENAM. [Bolun 2011].

• 2011. RoEduNet, rețeaua națională de cercetare și educație a României operează peste 4 200 km de fibră optică pentru a conecta orașele și campusurile universitare. Rețeaua face parte din rețeaua paneuropeană GÉANT, care leagă instituțiile academice și de cercetare din peste 30 de țări europene. Rețeaua Educațională din România (RoEduNet) a modernizat platformele de pachete optice Ciena (NASDAQ: CIEN) 6500 și rețelele fotonice în rețeaua sa de fibră optică pentru a spori traficul la 100 Gigabit Ethernet (100 GbE). Noua legătură 100 GbE leagă Bucureștiul de Iași. Actualizarea a implicat adăugarea unor lungimi de undă 100-Gbps coerente, alături de traficul de 10 Gbps pe link. Director RoEduNet: Gheorghe Dinu [Rusu 2017].

• 2016. Potrivit datelor publicate de Akamai referitoare la primul trimestru din 2016, România este, cu 82,4 Mbps, pe primul loc în clasamentul țărilor europene și pe locul nouă în clasamentul mondial referitor la viteza medie de vârf, iar un număr de cinci orașe din România s-au aflat în top 10 orașe ale lumii cu cea mai mare viteză la Internet.

• 2017. România ocupă a cincea poziție la nivel global în ceea ce privește viteza conexiunilor fixe la Internet.

• 2018. Internetul (lunar) conectează și oferă servicii unui număr impresionant de utilizatori: 2 033 600 000 de conectări la Facebook, 159 840 000 000 de căutări Google, 1 641 600 000 000 de mesaje de tip WhatsApp trimise, 8 078 400 000 000 de e-mailuri trimise. Anual sunt trimise aproape 100 de trilioane de e-mailuri (<http://www.visualcapitalist.com/internet-minute-2018/>).



Infrastructura de comunicație RoEduNet (multiple linii de 100 Gbps și 10 Gbps).

STADIUL ACTUAL AL REȚELEI DE CALCULATOARE WAN (WIDE AREA NETWORK)

Rețeaua de calculatoare WAN este dezvoltată la nivel mondial cuprinzând rețelele naționale academice din:

- **America de Nord:** Canada (CANARIE), Statele Unite (Internet2).
- **America Latină:** Argentina (Innova-RED), Brazilia (RNP), Chile (REUNA), Columbia (RENATA), Costa Rica (RedCONARE), Ecuador (CEDIA), Mexic (CUDI), Peru (RAAP).
- **Africa:** Kenya (KENET), Maroc (MARWAN) și Africa de Sud (TENET).
- **Europa:** Andorra (Universitat d'Andorra), Austria (ACOnet), Belgia (Belnet), Bulgaria (BREN), Croația (CARNet), Cipru (CYNET), Republica Cehă (CESNET), Danemarca (NORDUnet), Estonia (EENet), Finlanda (NORDUnet), Franța (RENATER), Germania (DFN), Grecia (GRNET), Ungaria (NIIF), Islanda (NORDUnet), Irlanda (HEAnet), Israel (IUCC), Italia (GARR), Letonia (SigmaNet), Lituania (LITNET), Luxemburg (RESTENA), Macedonia (MARNET), Malta (University of Malta), Muntenegru (MREN), Olanda (SURFnet), Norvegia (NORDUnet), Polonia (PSNC), Portugalia (FCCN), România (RoEduNet), Serbia (AMRES), Slovacia (SANET), Slovenia (ARNES), Spania (RedIRIS), Suedia (NORDUnet), Elveția (SWITCH), Turcia (ULAKBIM), Marea Britanie (Janet), Belarus (UIIP), Moldova (RENAM), Rusia (RUNNET).
- **Asia-Pacific:** Australia (AARNet), China (CSTNET și CERNET), Hong Kong (Harnet), India (ERNET), Indonesia (UII), Japonia (NII), Macau (University of Macau), Malaysia (MYREN), Noua Zeelandă (REANNZ), Arabia Saudi (KAUST), Singapore (SingAREN), Korea South (KREONET), Sri Lanka (Lanka Education and

Research Network), Taiwan (Ministry of Education) și Thailand (UniNet), Armenia (ASNET-AM), Azerbaijan (AzScienceNet), Kazakhstan (KazRENA), Kyrgyzstan (KRENA).

În UE, 71% dintre persoanele fizice au folosit Internetul în fiecare zi sau aproape în fiecare zi. Ponderea utilizatorilor zilnici a fost cea mai ridicată în Luxemburg (93%), urmată de Danemarca (89%), Regatul Unit (88%), Țările de Jos (86%), Suedia și Finlanda (85% fiecare). Acțiuni mai mici de 60% au avut loc în Grecia și Polonia (57% fiecare), Bulgaria (49%) și România (42%) (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Internet_access_and_use_statistics_-_households_and_individuals). Rețeaua academică de cercetare și educație din Europa, GEANT 2, cuprinde rețelele naționale academice din toate țările din Europa. Conexiunile sunt realizate prin conexiuni multiple de 10 Gbps și 100 Gbps

Pentru a vedea ce se întâmplă în Internet, în timp real, se poate accesa site-ul The Internet in Real Time (www.webpagefx.com/internet-real-time/).

Ca exemplu, între ora 12,00 și 17,00 în data de 20 mai 2018, în Internet, au fost următoarele valori asociate diverselor servicii:

133,929,600	GIGABYTES OF DATA	8,939,800	AD REVENUE
306,788,070	FACEBOOK POSTS	84,934	PLEDGED
290,643,974	LIKES	2,791	YELP REVIEWS
8,705	TWITTER ACCOUNTS	11,813,137,600	EMAILS SENT
1,004,472	LINKEDIN SEARCHES	64,587,550	FILES SAVED
4,520,124	INSTAGRAM UPLOADS	89,286	WORDPRESS POSTS
161,468,874	LIKES	5,022,360	TUMBLR POSTS
64,733	WHATSAPP ACCOUNTS CREATED	5,379,506	ANDROID APP DOWNLOADS
1,743,875,000	MESSAGES SENT	4,464,320	iOS APP DOWNLOADS
45,206,820	SNAPCHATS SENT	12,913,046	HOURS WATCHED ON YOUTUBE
129,175,100	SKYPE MINUTES	3,660,742	HOURS WATCHED ON NETFLIX
382,486,196	GOOGLE SEARCHES	2,968,772	HOURS STREAMED ON PANDORA

CONCLUZII

Evoluția Internetului atât din punct de vedere infrastructură și echipamente de acces, cât și din al serviciilor oferite a evoluat inimaginabil de mult. Comunicația de date la viteza de 100 Gbps asigură transferul unui text de cca 1 miliard de caractere (cca 100 000 pagini) într-o secundă. Accesul la Internet se face de la calculatoare clasice, dar mai nou de la tablete și telefoane mobile. În România s-a realizat, într-o dinamică foarte bună, o rețea de date foarte performantă. România a ajuns în anul 2016 să aibă cea mai mare viteză de comunicație date la nivel european.

Conform site Speedtest (<http://www.speedtest.net/global-index/>), în aprilie 2018, România se afla pe locul 5 în lume din punctul de vedere al indicatorului Speedtest Global Index privitor la conexiunile fixe de bandă largă, după Singapore, Islanda și Republica Korea și pe locul 35 referitor la comunicațiile mobile (<http://www.speedtest.net/global-index/romania#fixed>).

Dincolo de valorile numerice descriind viteze, calculatoare interconectate, utilizatori abonați efectele s-au simțit:

- comunitatea științifică începe să se integreze cu cea internațională;
- informațiile care intră în țară au făcut să crească performanțele cercetătorilor, rețelele de calculatoare și Internetul devenind un adevărat – instrument de productivitate;
- s-au deschis noi direcții de cercetare.

Rețeaua academică de cercetare și educație alături de rețelele comerciale din România asigură accesul la Internet pentru toată comunitatea științifică dar și pentru populația țării.

Nota. Primele două secțiuni sunt o versiune actualizată și completată a unei părți din articolul [Filip 1996b]

BIBLIOGRAFIE

- [Bangemann, 1994] Bangemann M. ș.a. *L'Europe et la société de l'information planétaire. Recommandations au Conseil Européen*, Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 4, nr. 2–3, pp. 1–25 (traducere în limba română), 1994.
- [Baran, 1964] Baran P., *On Distributed Communications Networks*, IEEE Trans. Comm. Systems, March 1964.
- [Bolun, 2011] Bolun I., Cojocaru I., *Telecomunicațiile și tehnologiile informaționale*, pp. 332–333 (disponibil la <https://idsi.md/files/file/publicatii/Enciclopedia+RM+Telecomunicatiile+și+tehnologiile+informaționale.pdf>, accesat în data de 01.05.2018)
- [Cerf, 1974] Cerf V. G., R. E. Kahn, *A protocol for packet network interconnection*, IEEE Trans. Comm. Tech., vol. COM-22, V 5, pp. 627–641, May 1974.
- [Coates, 1994] Coates J. F., *The Highly Probable Future 83 Assumptions About the Year 2025*, World Future Society. Bethesda, MA, 1994.
- [ComWorld, 1996] *** *Voi v-ați decis?*, Computer World România, an IV, vol. 4, nr. 52, pp. 15–16
- [Costake, 1995] Costake N., Petrescu M., Pascu A., Gheorghiu O., *Strategia românească de IT în vederea aderării la UE*, Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 5, nr. 3, pp. 5–29. 1995.
- [Cristea, 1993] Cristea P., Moisa T., Popovici N., Staicut E., *Rețeaua de calculatoare pentru învățământ și cercetare*, Raport tehnic, MI., 1993
- [Davies, 1979] Davies D.W., Barber D.L.A., Price W.L., Solomonides C.M., *Computer Networks and Their Protocols*, John Wiley & Sons, New York, 1979.
- [DepCalcUPB, 2014] *Broșura aniversară Departamentul de Calculatoare UPB – 45 de ani*, Editura Politehnica, 2014.
- [Drăgănescu, 1991] Drăgănescu M. A., Țugulea A., Popescu D., *Nota în atenția domnului prim-ministru al României*, 1991.
- [Filip, 1995] Filip F. G., *Tehnologii informatice pentru procese lucrative*, Academica, V. vol. 6, nr. 64, pp. 20–21, 1995.
- [Filip, 1996a] Filip F. G., *Tehnologiile informatice și valorificarea patrimoniului cultural național*, Academica, VI, vol 9. nr. 69, pp. 22–24, 1996.
- [Filip, 1996 b] Filip F.G., Popa I., *Evoluții și perspective în realizarea și în utilizarea rețelelor de calculatoare*, Academica, An VI, 12(72), pp. 10–13, 1996.
- [Griffiths, 2002] Richard T. Griffiths, *History of the Internet, Internet for Historians*, http://www.let.leidenuniv.nl/history/ivh/frame_theorie.html, University Leiden, 2002.
- [Guran, 1971] Guran M., *Considerații în legătură cu realizarea unei rețele de calculatoare*, Comunicare la sesiunea științifică a IPB, republicată în vol. *25 de ani în Informatică. Contribuții la C–D* (F. G. Fillp și M. Guran, coord.), Informatics and Control Publications, București, 1971.
- [Guran, 1995] Guran M., *România și societatea informațională global*, Revista Română de Informatică și Automatică, vol. 5, nr. 1, pp. 7–18, 1995.
- [Guran, 2015] Guran M., *Realizarea primei rețele de calculatoare în România*, Proiectul RENAC/RENOD (disponibil la: <http://www.atice.org.ro/ktml2/files/uploads/Guran%20Renac.pdf>, accesat în data de 01.06.2018).

- [Heart, 1970] Heart F. E., *Interface message processors for the ARPA computer network*, <http://dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/699946.pdf>, 1970.
- [Kahn, 1978] Kahn R., *Communications Principles for Operating Systems. Internal BBN memorandum*, Jan. 1972. Proceedings of the IEEE, Special Issue on Packet Communication Networks, Volume 66, No. 11, November 1978.
- [Kahn, 1997] Robert Kahn, Barry M. Leiner, Vinton G. Cerf, David D. Clark, Leonard Kleinrock, Daniel C. Lynch, Jon Postel, Lawrence E. Roberts, Stephen Wolff (2013), *The Evolution of the Internet as a Global Information System*, International Information & Library Review, 29:2, 1997.
- [Kalin, 1995] Kalin T. A., *Survey of European National Research and Educational Networking Organisations*, Terena, Secretariat, Amsterdam, 1995.
- [Kleinrock, 1976] Kleinrock L., *Queueing Systems*, Vol II, Computer Applications, John Wiley and Sons (New York), 1976
- [Kleinrock, 1961] Kleinrock L., *Information Flow in Large Communication Nets*, RLE Quarterly Progress Report, July 1961.
- [Kleinrock, 1964] Kleinrock L., *Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay*, McGraw-Hill (New York), 1964.
- [Licklider, 1962] Licklider J.C.R., W. Clark, *On-Line Man Computer Communication*, August 1962.
- [Metcalfe, 1976] Robert Metcalfe, David Boggs (July 1976), *Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks* (PDF), Communications of the ACM. 19 (7): 395–405.
- [Păunescu, 1993] Păunescu F., Goleșteanu P.D., Oprea E., *Distributed Processing Systems and Their Applications*, Elsevier, Amsterdam–Oxford–New York–Tokyo 1993
- [Păunescu, 1996] Păunescu F., Popa I., *Rețele și sisteme distribuite*, în: *25 de ani de Informatică. Istoria unui institut* (coordonatori: M. Guran, F. G. Filip, Ileana Trandafir), Publicații în Informatică și conducere: ICI. septembrie, pp. 65–66, 1996.
- [Petrescu, 1993] Petrescu M., Toia A., Popa I., Stăicuț E., *Research and Higher Education Networking in Romania*, NATO Advanced Networking Workshop, Budapest, 1993.
- [Popovici, 1994] Popovici N., Waldschmidt H., „Politehnica” University of Bucharest LAN and WAN, Proc. ROSE’ 94, București, vol. 1, pp. 11–20, 1994.
- [Popovici, 1996] Popovici N., *Prezentare RDIS*, Universitatea „Politehnica” București, aprilie, 1996.
- [Pouzin, 1973] Pouzin L., *Another idea for congestion control in packet switching networks*, SCII 504, Reseau Cyclades, Paris, Janvier, 1973.
- [Pouzin, 1979] Pouzin L., *Cigale, the packet switching machine of the Cyclades computer networks*, IFIP Congres – Stockholm, August 1974, North-Holland Publishing Company, 1974.
- [Praveen, 2017] Praveen Sharma, *How has the Internet changed our lives?*, September 26, 2017 eCommerce Trends category (<https://www.kartrocket.com/blog/how-internet-changed-our-lives/>) accesat în data de 21.05.2018).
- [Roberts, 1966] Roberts L., Merrill T., *Toward a Cooperative Network of Time-Shared Computers*, Fall AFIPS Conf., Oct. 1966.
- [Roberts, 1967] Roberts L., *Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication*, ACM Gatlinburg Conf., October 1967.
- [Rusu, 2017] Rusu O., *Romanian Research and Education Network. Status and Future development*, Grid, Cloud and High-Performance Computing in Science, Măgurele, 2017, ISBN 978-973-0-25620-8.
- [Stăicuț, 1995] Stăicuț E., Popa I., Macri G., Toia A., *Romanian Computer Network for Higher Education*, Proc. ITET’95, Honolulu, pp. 847–854, 1995.
- [Stăicuț, 1995-2] Stăicuț E. ș. a., *Raport anual RNC*, ICI, București. 1995.
- [Stăicuț, 1996] Stăicuț E., Macri G., Toia A., *RNC Project-Bringing European and International Research Network Access to Romanian Users*, Proc. JENC7, Budapest, 1996.
- [Tănăsescu, 1996] Tănăsescu F. T., *RNC – rețeaua națională de calculatoare pentru activitatea de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică*, Raport al Consiliului RNC, 1996.
- [Țăpuș, 1995] Țăpuș N. (1995), *Interconectarea – paradigma a informatizării globale*, Revista Româna de Informatică și Automatică, vol. 5, nr. 1. pp. 73–82, 1996.
- [Toia, 1994] Toia A., Popa I., Stăicuț E., Macri G., *Romanian National Computer Network for Research and Development (RNC)*, Proc. ROSE’ 94, pp. 21–27, 1994.

CONTRIBUȚIA AUTOMATICII ROMÂNEȘTI LA DEZVOLTAREA CIVILIZAȚIEI*

IOAN DUMITRACHE

AUTOMATICA – DOMENIU DE AVANGARDĂ AL ȘTIINȚEI ȘI TEHNOLOGIEI

Preocuparea omului de a înțelege și a controla procese și fenomene naturale a existat încă de la începuturile civilizației. Primele mijloace tehnice create de om în scopul reducerii eforturilor sale fizice în relația cu natura datează din perioada înainte de Hristos, însă despre mecanizare și automatizare se poate vorbi abia în contextul primei revoluții industriale. Conceperea și realizarea reguletoarelor centrifugale pentru controlul turației mașinilor cu aburi, a mașinilor și utilajelor mecanizate pentru industria textilă, industria extractivă și constructoare de mașini poate reprezenta începuturile mecanizării și automatizării proceselor industriale ca o cerință naturală și ca un suport esențial al primei revoluții industriale.

Creșterea complexității proceselor corelată cu creșterea cerințelor de performanță a echipamentelor și sistemelor de automatizare a impus abordarea sistematică a problemelor de stabilitate, repetabilitate și siguranță în funcționare a acestora apelând la instrumente științifice bazate pe modele matematice de tipul ecuațiilor diferențiale și integro-diferențiale. Astfel, sfârșitul secolului al XIX-lea este dominat de rezultatele obținute de Maxwell prin definirea ecuațiilor câmpului electromagnetic și de Liapunov prin enunțarea teoremelor ce-i poartă numele referitoare la teoria stabilității.

Dacă până la aceste rezultate remarcabile, obținute la sfârșitul secolului al XIX-lea, se poate vorbi de o așa-numită perioadă caracterizată mai mult prin empirism, fără o tratare formală a problemelor de automatizare, începând cu anii 1900 până în 1955 se poate vorbi de etapa de înflorire a automaticii, de consolidare a unor principii, metode și mijloace care au stat la baza automatizărilor convenționale.

În această perioadă au fost puse bazele automaticii ca o nouă ramură a științei, s-a evidențiat rolul modelelor matematice în analiza și proiectarea sistemelor dinamice, s-a trecut de la ecuații diferențiale la modele polinomiale de tipul funcțiilor

* La elaborarea articolului au contribuit: prof. dr. ing. Tiberiu Colosi, prof. dr. ing. Mihail Voicu, prof. dr. ing. Toma Dragomir, prof. dr. ing. Emil Ceangă, prof. dr. ing. Răzvan Vladimir, prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv.

de transfer, s-a generalizat utilizarea transformatei Laplace și Fourier în obținerea modelelor matematice asociate proceselor și echipamentelor de automatizare. A fost introdusă analiza în frecvență a sistemelor de reglare automată elaborându-se criteriile de stabilitate bazate pe caracteristicile de frecvență (criteriul de stabilitate elaborat de Nyquist în anul 1932 [“Regeneration Theory”. *Bell System Tech. J.* **11** (1): 126–147, 1932] și definirea ulterioară de către Bode a marginii de fază și de amplificare, pe baza caracteristicilor Bode, introduse din 1930).

Au fost concepute și implementate legile de reglare convenționale de tip PID (brevetate de N.P. Minorsky în 1922) cu largă aplicabilitate în automatizarea proceselor industriale, fiind utilizate tehnologii bazate pe folosirea aerului comprimat (echipamente pneumatice), a uleiului sub presiune (echipamente hidraulice) și a curentului electric (echipamente electrice și electronice). Dezvoltarea industriei energetice, a industriei extractive, a industriei chimice și petrochimice, a industriei constructoare de mașini a impus dezvoltarea unei industrii specifice pentru realizarea de echipamente de automatizare, a unui puternic sector de cercetare–proiectare în domeniul automatizării creându-se premisele conceperii și proiectării unor sisteme complexe de automatizare. Astfel, se poate aprecia că automatica ca suport științific fundamental pentru conceperea și realizarea de echipamente și sisteme de automatizare a contribuit esențial la dezvoltarea industriei, la implementarea revoluțiilor industriale.

Automatica – automatizarea contribuie la înnoibilarea proceselor și sistemelor tehnologice, însă în același timp joacă un rol esențial, practic, în toate sectoarele socioeconomice fiind prezentă în domeniul medical (echipamente complexe de diagnostic) în domeniul transporturilor, al producției și distribuției energiei electrice, al producției de hrană și nu în ultimul rând prin mijloace domestice care contribuie la creșterea calității vieții.

Un salt semnificativ în ceea ce privește evoluția echipamentelor de automatizare se datorează electronicii, care prin trecerea de la tehnologia bazată pe tuburi la tehnologia bazată pe tranzistoare și ulterior la tehnologia circuitelor integrate a condus la creșterea performanțelor acestora, reducerea costurilor și a creșterii complexității algoritmilor și strategiilor implementate.

Sistemele de reglare automată au la bază principiul reacției negative, iar automatica se poate constitui ca parte a ciberneticii (a se vedea de exemplu capitolul „Feedback și oscilație” din *Cibernetica* lui Norbert Wiener) regăsindu-se în toate sistemele tehnice moderne de la comunicații la sănătate, de la transporturi la agricultură, de la fabricație la clădirile și orașele inteligente.

Automatica a progresat în strânsă corelație cu electronica, cu tehnologia informațiilor și a comunicațiilor, calculatorul fiind folosit în prima etapă pentru rezolvarea problemelor de analiză și proiectare a sistemelor de reglare automată și de conducere a proceselor complexe, iar ulterior integrat împreună cu sistemele de comunicație în conducerea în timp real a proceselor fizice. Astfel, din punct de vedere tehnologic asistăm la o evoluție spectaculoasă a automatizării proceselor trecând de la echipamente convenționale de automatizare, la sisteme numerice de reglare, sisteme distribuite de conducere (SDC), la sisteme înglobate, la rețele de conducere în timp real (NCS) și nu în ultimul rând la sisteme integrate complexe de tipul „Cyber-Physical Systems” (CPS).

Din punct de vedere conceptual, automatica a cunoscut o evoluție remarcabilă în cea de a II-a etapă de dezvoltare a sa, care poate fi considerată ca aparținând perioadei 1956–2000.

Preocupările specialiștilor români pentru lansarea și promovarea automaticii în perioada 1950–1957 sunt sinergice cu preocupările unor mari personalități din Europa și SUA pentru consacrarea unui nou domeniu al științei – *Automatica*. Astfel, în anul 1956, la inițiativa prof. univ. dr. Rufus Oldenbourgher și Gerhart Ruppel, în cadrul Conferinței de *Teoria modernă a controlului* de la Heidelberg, se propune înființarea Federației Internaționale a Automatiștilor (IFAC). Primul președinte al IFAC este ales Harold Chestnut.

În 1957, la Paris, cele 19 state reprezentate prin cei 30 de participanți hotărăsc organizarea primului Congres IFAC la Moscova, în 1960, și este ales al doilea președinte IFAC în persoana prof. univ. dr. ing. Alexander M. Letov (URSS).

Printre personalitățile participante la întâlnirea de la Paris regăsim nume ca: A. Tustin, H. Chestnut, J.H. Westcot, M. Mesarovic, Gerd Muller, P.J. Novacki, G. Evanghelisti, Victor Broida, Paul Profos, Vladimir Strejc, A.M. Letov, G. Ruppel, W.A. Ratscheev, R. Jensen.

În 1957, România este invitată ca membru IFAC, aflându-se astfel printre primele țări care au aderat la această comunitate selectă.

Se pun bazele conducerii optimale și adaptive a proceselor în mediul determinist și stochastic, se introduce în 1960 modelul structural-funcțional (Intrare–Stare–Ieșire) pentru caracterizarea sistemelor dinamice. Se dezvoltă o teorie unitară a sistemelor liniare variante și invariante în timp, a sistemelor cu eșantionare, a sistemelor neliniare, inclusiv a sistemelor cu structură variabilă și cu moduri alunecătoare.

De menționat contribuția originală a savantului român Vasile Mihai Popov la studiul stabilității sistemelor neliniare care a introdus conceptul de hiperstabilitate și a elaborat criteriile pentru verificarea stabilității absolute a sistemelor dinamice, în 1959 și în anii care au urmat.

Au fost puse bazele conducerii predictive a proceselor liniare și neliniare, conducerii robuste, conducerii neliniare multimodel și altele. Au fost elaborate noi proceduri de proiectare bazată pe model H_2/H^∞ , noi pachete de programe specializate pentru modelarea, proiectarea și sinteza sistemelor automate, limbaje și medii de modelare și simulare a sistemelor liniare și neliniare cu parametri concentrați și cu parametrii distribuiți.

S-a dezvoltat o teorie unitară pentru analiza și proiectarea sistemelor dinamice cu evenimente discrete și a sistemelor hibride.

În această perioadă de dezvoltare a automaticii moderne sfera aplicațiilor s-a extins în toate sectoarele socioeconomice, iar contribuția automaticii la dezvoltarea societății informaționale poate fi considerată esențială. Simbioza între automatică și tehnologia informațiilor în această a III-a revoluție industrială bazată pe informatică, pe calculatoare și comunicații a condus la un salt calitativ remarcabil în dezvoltarea societății și economiei, automatica având un rol esențial atât în plan conceptual cât și aplicativ. Concepte din domeniul automaticii și echipamente avansate de automatizare se regăsesc în domeniul bioingineriei și bioinformaticii, în domeniul biotehnologiilor și agricultura de precizie, în cercetarea științifică aerospațială și oceanografică,

în sisteme avansate de producție, transport și distribuție a energiei electrice, în transportul inteligent și nu în ultimul rând în clădirile inteligente.

Cea de a IV-a etapă în evoluția automatizării coincide cu sfârșitul secolului al XX-lea și începutul secolului al XXI-lea, denumit ca secolul complexității sau secolul conectivității, cunoscută sub denumirea de *Automatica avansată* având la bază concepte, metodologii și strategii inspirate din biologie. Se cercetează, cu rezultate promițătoare, sistemele autonome, sisteme bazate pe inteligență computațională trecându-se cu succes de la paradigma C3 (computer, communication for control) la paradigma C4 (computer, communication, cognition for control). Progresele spectaculoase în domeniul sistemelor de prelucrare a informațiilor, al sistemelor de comunicații, al inteligenței artificiale, al neurotehnologiei și neuroștiințelor, al roboticii cognitive prefigurează o nouă generație de sisteme de conducere cu ridicată autonomie.

Integrarea strânsă a calculatoarelor și comunicațiilor cu rețele avansate de senzori și elemente de execuție conectate cu obiecte fizice a impus în ultimii ani o nouă paradigmă, cunoscută sub denumirea de sisteme integrate „Cyber-Fizice” sau Cyber-Physical Systems (CPS). Astfel, prin conectarea obiectelor fizice în rețele complexe de prelucrare a informațiilor și cunoștințelor și asigurarea comunicației între structuri înglobate de prelucrare de date și cunoștințe se asigură trecerea la noua generație de sisteme inteligente integrate ICPS (Intelligent Cyber-Physical Systems) bazate pe Internetul obiectelor IoT, Internetul Serviciilor IoS, Internetul cunoștințelor IoK, pe comunicarea M2M (mașina cu mașina) și H2M (om cu mașina).

Noile paradigme: Intelligent Manufacturing Systems, Cognitive Manufacturing, Smart Products and Smart Processes, Cognitive Robots, Autonomous Vehicle și altele reprezintă suportul pentru noua revoluție industrială în care automatica avansată joacă un rol cheie alături de noul concept integrativ CPS.

Automatica, ca domeniu de avangardă al științei și tehnologiei, dispune de un întreg arsenal de metode, proceduri și mijloace eficiente pentru controlul proceselor complexe, pentru optimizarea funcționării, înobilarea acestora și creșterea siguranței și securității lor operaționale. Concepte specifice automatizării sunt tot mai mult extinse la domenii ca: comunicații, calculatoare, bioinginerie, neurotehnologie și neuroinformatică.

Automatizarea avansată se impune ca o necesitate în contextul creșterii complexității sistemelor, iar autonomia sistemelor de conducere reprezintă un obiectiv științific și tehnologic major pentru specialiști.

În acest context apare ca o necesitate elaborarea unei teorii a sistemelor complexe, o teorie a sistemelor de sisteme care să integreze problematica sistemelor hibride, neliniare și stochastice cu distribuție spațio-temporală.

Automatica ca știință a sistemelor de conducere automată a evoluat atât în plan conceptual, metodologic, cât și în plan aplicativ-tehnologic contribuind la dezvoltarea științei și tehnologiei, la dezvoltarea societății, economiei ca parte esențială a celor trei revoluții industriale și ca promotor al noii revoluții industriale bazată pe integrarea calculatoarelor, comunicațiilor și controlul obiectelor fizice prin intermediul rețelelor de senzori și elemente de execuție.

Nivelul științific și tehnologic înalt al acestui domeniu, al impactului deosebit pe care-l are automatica asupra tuturor sectoarelor socioeconomice și tehnologice este asigurat de comunitatea specialiștilor din domeniul ingineriei sistemelor, al automaticii și automatizărilor industriale în colaborare cu specialiști din domeniul electronicii, calculatoarelor și comunicațiilor din întreaga lume.

România se situează printre țările care au contribuții remarcabile la dezvoltarea domeniului, are o școală de automatică recunoscută internațional și realizări de necontestat în plan conceptual și aplicativ.

Se poate afirma că automatica s-a dezvoltat și consolidat din punct de vedere conceptual și aplicativ în contextul evoluției științei și tehnologiei, al dezvoltării industriei și corelat cu dezvoltarea civilizației umane având un rol consistent la dezvoltarea celor mai avansate tehnologii. Automatica, ca și parte integrantă a ciberneticii, a beneficiat de conceptele introduse de savantul român dr. **Ștefan Odobleja** în lucrarea de sinteză *Psychologie consonantiste*, publicată în 1938 la Lugoj și difuzată prin Librairie Maloine din Paris și de Norbert Wiener prezentată în lucrarea *Cybernetics*, publicată în 1948. În ambele lucrări se subliniază importanța reacției negative în bucele de reglare existente în cadrul sistemelor biologice și tehnice, automatica având la bază principiul reacției negative.

Printre precursori ai ciberneticii, cu reale contribuții fundamentale, găsim personalități marcante ca: prof. dr. Daniel Danielopolu, Ștefan Odobleja, Paul Postelnicu.

D. Danielopolu și Ștefan Odobleja și-au elaborat lucrările fără a cunoaște rezultatele inginerilor din domeniul electronicii și automaticii, care vizau principiile reacției negative și pozitive în domeniul amplificatoarelor și oscilatoarelor, demonstrând rolul reacției negative în sistemele biologice organizate ierarhic cu multiple bucle de reglare și autoreglare. Prof. univ. dr. ing. Paul Postelnicu ca electronist cunosător al efectului reacției negative în bucele de reglare și în amplificatoarele electronice, prezintă, în anul 1945, o viziune cibernetică asupra vieții, pe care o aplică la apariția și evoluția ei, considerând că bucla cibernetică (reacție negativă) este o proprietate a materiei în general [1], evidențiind o concepție biocibernetică.

D. Danielopolu are o viziune biosistemică, cibernetică a organismului uman încă din anul 1923. Astfel, în 1928 evidențiază reacția negativă în sistemul neurovegetativ, conexiunea inversă pozitivă, în perioada 1923–1932, la sistemul nervos vegetativ sesizând neliniaritățile care intervin în elementele și circuitele neurologice. Se poate afirma că D. Danielopolu este un precursor al biociberneticii pe plan mondial, un precursor al teoriei sistemelor biologice și al medicinei cibernetice, așa cum este caracterizat de dr. C. Bălăceanu-Stolnici în [1].

Cea mai importantă contribuție la dezvoltarea ciberneticii generalizate a avut-o dr. Ștefan Odobleja prin definirea *legii reversibilității* a bucelor închise cu aplicații în toate domeniile din natură și societate. [4] Șt. Odobleja afirmă că un sistem complex are o comportare determinată de interacțiunea bucelor multiple construind astfel o viziune cibernetică cuprinzătoare, care a condus la dezvoltarea sistemelor inteligente artificiale.

Rolul celor trei precursori ai ciberneticii prin gândirea și viziunea lor inovativă este de necontestat și numai contextul național și internațional defavorabil a condus

la pierderea unor priorități și a unei recunoașteri internaționale a contribuțiilor românești la dezvoltarea cunoașterii umane.

Revenind la domeniul automaticii putem identifica cu ușurință mari personalități ale ingineriei și matematicii românești care s-au impus în țară și străinătate prin contribuții de substanță atât în plan conceptual, cât și aplicativ.

Printre personalitățile marcante, cu reale contribuții în domeniul automaticii în diferitele etape ale evoluției acestui domeniu, menționăm: acad. Grigore Moisil, acad. Mihai Drăgănescu, acad. Aurel Avramescu, dr. ing. Vasile Mihai Popov, membru corespondent al Academiei Române, prof. dr. ing. Corneliu Penescu, membru corespondent al Academiei Române, prof. dr. ing. Ioan Bejan, prof. dr. Budișan Nicolae, prof. dr. ing. Constantin Belea, prof. dr. ing. Marius Hângănuț, prof. dr. ing. Sergiu Călin, prof. dr. ing. Simion Florea, prof. dr. ing. Nicolae Boțan, prof. dr. ing. Leopold Sebastian, prof. dr. ing. Tiberiu Coloși, prof. Nicolae Racoveanu, prof. dr. ing. Cristofor Vazaca ș.a. Fiecare dintre personalitățile menționate a contribuit la dezvoltarea domeniului fie în procesul de formare a specialiștilor în automatică, fie în domeniul cercetării științifice fundamentale și aplicative. Succinta prezentare a profilului unora dintre cei menționați poate crea o imagine (desigur incompletă) contribuțiilor românești la dezvoltarea și consolidarea automaticii.

Dacă prima generație de personalități menționate au pus bazele automaticii fiind considerați drept creatori de școală în diferitele centre universitare și promotori ai unor rezultate semnificative, teoretice și aplicative, în domeniul automaticii, cea de-a doua generație de specialiști formată din: Ioan Dumitrache, Vlad Ionescu, Răzvan Vladimir, Mircea Ivănescu, Sergiu Iliescu, Mihail Voicu, Emil Ceangă, Festilă Clement, Toma Dragomir, Ștefan Preitl, Marin Constantin, Costică Nitu, Traian Ionescu, Gabriel Ionescu, Mihai Tertisco, Radu Dobrescu, Aurelian Mihai Stănescu, Borangiu Teodor, Dumitru Popescu, Vasile Marinoiu, Nicolae Paraschiv, Florin Gheorghe Filip, Neculai Andrei, Sima Vasile, Andras Varga, Octavian Prostean, Gheorghe Lazea ș.a. au continuat opera înaintașilor aducând contribuții importante la dezvoltarea automaticii moderne (1960–2000).

Cea de-a treia generație de specialiști formată în plin avânt al automaticii moderne (absolvenți după anul 1980) reprezentată printre alții de: Cristian Oară, Dan Ștefănoiu, Bogdan Dumitrescu, Simona Caramihai, Buiu Cătălin, Corneliu Lazăr, Adrian Filipescu, Octavian Păstrăvanu, Viorel Mânzu, Emil Petre, Dan Selișteanu, Radu Emil Precup, Mihail Abrudean, Petru Dobra, Daniel Moga ș.a. contribuie din plin la creșterea vizibilității automaticii românești prin rezultate științifice remarcabile, prin publicarea unor lucrări valoroase în jurnale și reviste cu largă recunoaștere internațională.

Contribuțiile școlii românești de automatică sunt evidențiate prin numărul mare de citări, prin factorul de impact ridicat al jurnalelor care publică aceste contribuții dar și prin realizări tehnologice și invenții cu impact socioeconomic.

Fără a fi o prezentare exhaustivă în cele ce urmează vor fi selectate și prezentate rezultate deosebite ale automatiștilor români, contribuțiile originale ale acestora la dezvoltarea cunoașterii.

PERSONALITĂȚI MARCANTE – PROMOTORI AI AUTOMATICII ÎN ROMÂNIA

Introducerea automaticii în România a avut loc într-o perioadă de transformări societale semnificative pentru România în strânsă corelație cu evoluția în plan conceptual și aplicativ a acestui domeniu. La acest proces, cu o durată de două decenii (1950–1970), au contribuit precursorii și promotorii automaticii din România menționați deja în prima secțiune.

Profilurile unora dintre acești maeștri vin să confirme personalitatea și clarviziunea lor în ceea ce privește domeniul automaticii și al impactului acestuia asupra dezvoltării științei și tehnologiei.

GRIGORE C. MOISIL (1906–1973)



Grigore C. Moisil

Membru titular al Academiei Române din 1948.

Este absolvent al Universității din București în anul 1926, iar în anul 1929 obține titlul de doctor în matematică cu teza: *Mecanica analitică a sistemelor continue* și docențe în matematică (1931) la Universitatea din București. A fost profesor la catedra de Calcul Diferențial și Integral la Universitatea Iași (1939–1942), iar din anul 1942 până în anul 1973 a fost profesor la Facultatea de Matematică-Fizică din Universitatea București. A organizat Centrul de Calcul al Universității din București (1962). În perioada 1949–1973 a fost șef de sector pentru algebră aplicată la Institutul de Matematică al Academiei Române. Este fondatorul școlii de algebra logicii și teoria algebrică a mecanismelor automate. Este autor/coautor a unor lucrări esențiale în mecanica mediilor continue, analiză matematică, teoria ecuațiilor cu derivate parțiale, fizică matematică, teoria algebrică a mecanismelor automate, teoria probabilităților, lingvistică matematică ș.a.

A obținut rezultate interesante în algebrele necomutative, și reprezentarea grupurilor abeliene infinite.

A studiat algebra logicii și structura algebrică a calculului propozițiilor, a construit un model algebric al logicilor Lukasiewiczene tri- și tetravalente, numite astăzi „Algebrele Lukasiewicz – Moisil”.

În anul 1956 înființează, la Academia Română, Comisia de Automatizare al cărei președinte este până în anul 1973. A inițiat cu membri ai acestei comisii, personalități din domeniul automaticii și matematicieni printre care: Corneliu Penescu, Aurel Avramescu, Călin Sergiu, Constantin Apetrei, Ilie Papadache, Nicolae Budișan, Marcel Sârbu ș.a. un amplu program de popularizare și susținere a automatizărilor. Prin prestigiul membrilor săi și în special prin contribuția deosebită a președintelui acestei comisii, acad. Grigore Moisil s-a inițiat și lansat

un amplu program de susținere a automatizării și automatizărilor ca factor determinant al modernizării industriei. Prin seminarii științifice, conferințe și prelegeri susținute atât în cadrul Academiei, cât și în cadrul unor manifestări organizate de universitățile tehnice și CNIT (Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor), comisia de automatizări a AR a fost promotorul și susținătorul automatizării în România. Prin intermediul Comisiei, România a devenit membru activ al IFAC în 1957 fiind reprezentantul legal ca NMO (National Member Organisation) la IFAC.

A elaborat și publicat numeroase lucrări științifice, monografii, tratate printre care unele cu impact în domeniul automatizării: *Teoria algebrică a mecanismelor automate* (1957), *Circuite cu tranzistori* (1962), *Funcționarea reală a schemelor cu contacte și relee* (1965), *Teoria algebrică cu contacte și relee* (1965), *Încercări vechi și noi în logica neclasică, Lecții despre logica raționamentului nuanțat* (apărută postum 1975).

A fost recompensat cu multiple premii, decorații și ordine acordate de statul român și alte state, de asociații profesionale prestigioase.

Academicianul Grigore C. Moisil a fost printre inițiatorii domeniului științei sistemelor automate având contribuții remarcabile în domeniul teoriei algebrice a mecanismelor automate, al logicii și raționamentului nuanțat, promotor al științei sistemelor discrete, al matematicii ca suport esențial al automatizării.

DR. ING. VASILE MIHAI POPOV (n. 1928).

Inginer electronist – radiocomunicații – absolvent al Institutului Politehnic din București, 1950. Membru corespondent al Academiei Române din 1963.

Până în 1969 a fost cercetător (șef al Secției de Automatică și Electronică) la Institutul de Energetică al Academiei Române și cadru didactic asociat la Facultatea de Energetică (catedra Automatică) și la Facultatea de Electronică. Din anul 1971 își desfășoară activitatea în SUA ca cercetător și profesor. În anul 1971 organizează workshop-ul „Sisteme Neliniare” în cadrul Conferinței JACC organizată la Saint-Louis în SUA.

În perioada 1952–1957 are printre preocupările științifice: *Teoria circuitelor electrice liniare și neliniare*, iar în 1957 publică lucrarea: *On the extension of Lurie conditions for stability*. În anul 1955 descoperă rolul stabilizator al neutronilor întârziți în dinamica reactoarelor nucleare, descoperire recunoscută pe plan mondial ca aparținându-i.

În 1959 publică lucrarea *Stability criteria for nonlinear control systems based on the application for the Laplace transform* enunțând aici un nou criteriu de stabilitate absolută exprimat în domeniul frecvențelor.

În 1960 prezintă în cadrul primului congres IFAC, organizat la Moscova, lucrarea seminală: *Criterion of quality for nonlinear controlled systems*, care devine lucrare de referință în domeniul sistemelor neliniare.



Vasile Mihai Popov

Publică, în 1961, lucrarea *Stability criteria for control systems containing non-univoque elements* (Probleme de Automatizări, vol III), în cadrul căreia formulează unificarea teoriei generale a pozitivității cu teoria stabilității absolute bazată pe inegalități în domeniul frecvențelor.

În 1966 publică monografia *Hiperstabilitatea sistemelor automate*, care a fost tradusă în limba rusă (1970), în limba franceză și engleză în 1973.

Are contribuții practice în domeniul tehnicilor de măsurare, la realizarea calculatoarelor analogice MECAN-1 și MECAN-2, concepute și dezvoltate sub coordonarea sa în cadrul Institutului de Energetică al Academiei Române.

În perioada (1971–1993) obține rezultate remarcabile în domeniul sistemelor cu întârziere, comportare la limită, teoria completă a invariantilor algebrici ai sistemelor liniare controlate. Dezvoltă al treilea stadiu al stabilității pentru sisteme cu puncte multiple de echilibru, cu oscilații forțate și întreținute.

A încercat și a reușit magistral construcția unei teorii unitare asupra tuturor problemelor calitative ale sistemelor dinamice, independent sau cu încorporarea teoriei Lyapunov.

Vasile Mihai Popov se înscrie printre cele mai reprezentative personalități ale secolului al XX-lea având contribuții de excepție la dezvoltarea teoriei sistemelor dinamice.

ACAD. AUREL AVRAMESCU (1903–1985)



Aurel Avramescu

A fost membru corespondent din 1955 al Academiei Române, iar din 1963 a devenit membru titular.

A obținut titlul de inginer electrician în 1928 la Universitatea din Dresda, iar în 1937 titlul de doctor inginer cu teza: *Contribuții la calculul încălzirii la scurtcircuit*.

În perioada 1951–1964 lucrează la Institutul de Energetică al Academiei și la ICPE, iar în perioada 1956–1971 a fost redactor-șef la revista *Electrotehnica* și redactor responsabil la revista *Progresele Științei*, în perioada 1964–1974.

- Aduce contribuții la raționalizarea rețelei telegrafice din România și teleimprimatoare în serviciul industriei românești (1937).

- În domeniul automatizării a avut contribuții la optimizarea funcțională a sistemelor automate propunând un nou criteriu integral cumulativ de optimizare (1960–1962).

- A avut contribuții importante la optimizarea sistemelor de prelucrare a informațiilor-Dilema entropiei termodinamice și informaționale.

- A elaborat noi criterii pentru caracterizarea comportării la transfer (în regim tranzitoriu) a sistemelor automate.

A fost membru fondator al Comisiei de Automatizări a Academiei Române.

PROF. DR. ING. CORNELIU PENESCU (1919–1985)

Este ales ca membru corespondent al Academiei Române în 1963.

Introduce primul curs de automatică în România și publică lucrarea de sinteză: *Automatica și telemecanica sistemelor energetice* (1959–1961)

Publică mai multe lucrări în premieră ca:

- sisteme de protecție la distanță;
- programarea matematică cu aplicații în energetică;
- protecția prin relee electronice a sistemelor electrice;
- sisteme, Concepte, Sisteme liniare;
- procese optimale;
- identificarea experimentală a proceselor automatizate;
- echipamente electrice și electronice pentru automatizări.



Corneliu Penescu

Este autor al unui prototip de contor electric și al unor sisteme de comandă la distanță în rețele electrice.

- A coordonat proiectarea noului aeroport de la Otopeni.
- A îndeplinit funcția de Secretar al Comitetului de Protecție (prin relee) al Comisiei Electrotehnice Internaționale și membru al Federației Internaționale de Cibernetică și primul specialist din România ales ca membru în Comitetul Tehnic IFAC.
- A contribuit decisiv la înființarea Facultății de Automatică din Institutul Politehnic București, fiind și primul decan al acesteia.
- A fost șeful catedrei de automatică (1962–1980) punându-și amprenta pe planurile de învățământ din domeniul automatizării.

A fost membru fondator al Comisiei de automatizări al Academiei Române.

A inițiat și coordonat, împreună cu Florea Simion, revista *Electronica și Automatica*.

PROF. DR. ING. SERGIU CĂLIN

A fost decan al Facultății de Automatică de la Institutul Politehnic București în intervalul 1968–1976.

Prof. dr. ing. Sergiu Călin, membru fondator al Facultății de Automatică și membru al Comisiei de Automatizări a Academiei Române, a contribuit la elaborarea planurilor de învățământ și la organizarea facultății. A deschis direcții noi de cercetare în domeniul proiectării reguletoarelor și al sistemelor numerice de reglare. A elaborat mai multe manuale și monografii în domeniul reglării automate și al protecției în sistemele electromagnetice.

A reprezentat un model de dascăl prin ținuta academică a cursurilor predate, prin rigoarea și consistența prelegerilor.



Sergiu Călin

A avut contribuții la conceperea și dezvoltarea unor sisteme de protecție în sistemele energetice precum și la analiza și proiectarea sistemelor numerice de conducere.

PROF. DR. ING. SIMION FLOREA



Simion Florea

A fost decan al Facultății de Automatică de la Institutul Politehnic București în intervalul 1976–1984.

Prof. dr. ing. Florea Simion, membru fondator al Facultății de Automatică, având contribuții deosebite la înființarea și organizarea acesteia. A introdus pentru prima dată cursuri de echipamente și sisteme pneumatice și hidraulice în planul de învățământ.

Organizator și manager talentat, a înființat atelierul de cercetare–proiectare și atelierul de microproducție al facultății. A înființat și coordonat primul colectiv mixt de cercetare–proiectare IPB-IPA în domeniul sistemelor cu fluide. A contribuit decisiv la formarea inginerilor pentru asimilarea sistemului unificat de reglare cu echipamente pneumatice și la înființarea fabricii de echipamente pneumatice de automatizare FEPA – Bârlad.

A înființat și coordonat primul colectiv de cercetare a elementelor și sistemelor fluidice din România, având contribuții la realizarea reguletoarelor fluidice analogice.

Alături de acești iluștri dascăli, promotori ai automatizării și automatizărilor, se cuvine să menționăm personalitățile marcante ale domeniului care au inițiat, coordonat și implementat programe de formare a inginerilor automatiști în centrele universitare din țară. Astfel, la Timișoara prof. dr. ing. Nicolae Budișan, la Craiova prof. dr. ing. Constantin Belea, la Cluj-Napoca prof. dr. ing. Marius Hângănuț, la Iași prof. dr. ing. Ion Bejan și prof. dr. ing. Leopold Sebastian, la Galați prof. dr. ing. Emil Ceangă și prof. dr. ing. Bumbaru, la Ploiești prof. dr. ing. Vasile Marinoiu.

Un rol deosebit în promovarea automatizării și automatizărilor în România l-a avut acad. Mihai Drăgănescu în calitatea sa de președinte al Comisiei Guvernamentale de dotare cu echipamente de calcul și de automatizare a țării. Prin clarviziune și înaltă competență, distinsul om de știință acad. Mihai Drăgănescu contribuie decisiv la dezvoltarea automatizării și informaticii în România. Sunt lansate programe speciale pentru producția de calculatoare și echipamente de automatizare, programe pentru dotarea laboratoarelor didactice și de cercetare din universitățile românești. În calitate de președinte al Academiei Române, imediat după 1989, are o contribuție decisivă la reorganizarea și revitalizarea noii Academii a României. Promotor al excelenței, propune și se adoptă noi criterii de valoare pentru membrii acestui înalt for științific, înființează o nouă secție: „Știința și Tehnologia Informației” înțelegând rolul și importanța informaticii, automatizării și calculatoarelor în dezvoltarea științei și tehnologiei, în dezvoltarea societății bazată pe cunoaștere.

Au fost propuși și admiși ca membri corespondenți tineri cercetători ca: dr. ing. Florin Gheorghe Filip, ing. Dan Tufiș, dr. ing. Gheorghe Tecuci, cercetători recunoscuți pentru rezultatele științifice remarcabile precum și tânărul prof. dr. ing. Petre Stoica ale cărui contribuții în domeniul Identificării sistemelor erau, în anul 1991, recunoscute pe plan internațional. A completat lista membrilor acestei secții prof. dr. ing. Vlad Ionescu în 1997, prof. dr. ing. Ioan Dumitrache în 2003 și prof. dr. ing. Mihai Voicu în 2006, personalități recunoscute de comunitatea academică din domeniul automaticii. De remarcat contribuția deosebită a acad. Florin Gheorghe Filip la promovarea informaticii și automaticii ca director al Institutului Central de Informatică, vicepreședinte al Academiei Române și președinte al Secției Știința și Tehnologia Informației.

Este de remarcat contribuția acad. Ioan Dumitrache ca rector al Universității „Politehnica” București și președinte al Consiliului Național al Cercetării Științifice din Învățământul superior și contribuția prof. dr. ing. Mihai Voicu, membru corespondent al Academiei Române, ca decan al Facultății de Automatică și Calculatoare din Iași, ca prorector al Universității Tehnice și ca președinte al filialei din Iași a Academiei Române, adusă la suținerea și dezvoltarea Automaticii din România.

De menționat în acest context rolul deosebit al unor ingineri români, conducători de ministere, întreprinderi industriale și institute de cercetare-proiectare care au promovat programe speciale pentru dezvoltarea electronicii, electrotehnicii, automaticii și calculatoarelor. Printre acestea menționăm: ing. Corneliu Mihulecea, ing. Alexandru Necula, ing. Aristide Predoiu, ing. Sârbu Marcel, ing. Ioan Geambașu, dr. ing. Vasile Baltac, ing. Traian Mișu, ing. Grigore Nelepcu ș.a. În calitatea lor de conducători de instituții au promovat dezvoltarea industriei românești din domeniul automaticii și calculatoarelor, din domeniul electrotehnicii și electronicii susținând cercetarea științifică și dezvoltarea tehnologică în aceste domenii de înaltă tehnicitate.

CONTRIBUȚII ROMÂNEȘTI LA DEZVOLTAREA AUTOMATICII

Dezvoltarea industrială a României după Primul Război Mondial vizând domenii ca metalurgia, construcția de mașini, extragerea și prelucrarea petrolului, minieritul și altele a impus introducerea mijloacelor de automatizare convenționale apelând la specialiști și echipamente din alte țări.

Universitatea „Politehnica” din București, Universitatea „Politehnica” din Timișoara, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca și Institutul Politehnic „Gh. Asachi” din Iași, Universitatea din Craiova, Universitatea din Galați, Universitatea de Petrol și Gaze, ca unități de învățământ tehnic și-au asumat misiunea nobilă de a forma specialiști pentru dezvoltarea industrială a României, fiind urmate de colective și departamente de automatică create în universități ca: Brașov, Tg. Mureș, Suceava, Oradea, Petroșani ș.a.

PREOCUPĂRI ȘI REALIZĂRI ÎN CADRUL UNIVERSITĂȚII „POLITEHNICA” DIN BUCUREȘTI

Primele cursuri de inițiere în domeniul automatizării se organizează în Politehnica din București în perioada 1935–1948, în cadrul cărora se predau noțiuni de automată, măsurări tehnice, comanda acționărilor electrice, automatizarea centralelor termoelectrice și hidroelectrice ș.a. avându-i ca promotori pe distinșii profesori: Alexandru Popescu, I.S. Gheorghiu, Constantin Dinculescu, Cristofor Vazaca, Tudor Tănăsescu, Gheorghe Cartianu și alții.

Primele cursuri de automată au fost susținute de prof. univ. dr. ing. Constantin Dinculescu la Facultatea de Energetică, în perioada 1948–1950, în paralel cu o amplă acțiune de promovare a conceptelor automatizării în cadrul conferințelor și seminariilor științifice organizate de Consiliul Național al Inginerilor și Tehnicienilor, în cadrul universităților și institutelor de cercetare, în cadrul Academiei Române. Ca promotori și lectori au fost distinșii ingineri: Ioan Arsenie Badea, Corneliu Penescu, Stelian Popescu, Călin Sergiu, viitori profesori ai Institutului Politehnic din București. În anul 1956 se înființează Comisia de Automatizare a Academiei Române, condusă de acad. Grigore Moisil și avându-i în componență pe: prof. univ. dr. ing. Corneliu Penescu, acad. Aurel Avramescu, prof. univ. dr. ing. Călin Sergiu, dr. ing. Apetrei Constantin, ing. Ilie Papadache, prof. univ. dr. ing. Nicolae Budiștan, dr. ing. Marcel Sîrbu ș.a. Comisia de Automatizare, prin prestigiul personalităților ce activau, a reprezentat un suport important în lansarea și promovarea automatizării și automatizărilor într-o industrie în plină dezvoltare.

În anul 1952/1953 se regăsesc în planurile de învățământ, la facultățile de profil electric, discipline care prezintă sistematic concepte ale automatizării și automatizărilor industriale. Începând cu anul 1959 se introduc, sub diferite denumiri, cursuri de automatizări la toate specializările ingineresti din Institutul Politehnic București. Pe baza cursului predat la Facultatea de Electronică și Telecomunicații, în anul 1961 a apărut în Editura Academiei tratatul *Analiza și sinteza sistemelor automate liniare* (760 pagini), al profesorului Cristofor Vazaca.

În 1962 se înființează, în cadrul Facultății de Energetică, specializarea Automatică, cu plan de învățământ propriu și 10 studenți de la facultățile: Energetică, Electronică și Electrotehnică.

În același an se înființează prima catedră de Automatică din țară, în cadrul Facultății de Energetică din Institutul Politehnic București. Ca șef de catedră este numit prof. dr. ing. Corneliu Penescu, membru corespondent al Academiei Române. Printre membrii titulari ai catedrei îi găsim pe: Corneliu Penescu, Sergiu Călin, Simion Florea, Dan Mihoc, Stelian Popescu, Ivan Sipoș și tinerii absolvenți ai Facultății de Energetică: Ioan Dumitrache, Petre Dimo, Mihai Ceapâru, iar printre cadrele didactice asociate pe inginerii: Gabriel Ionescu, Vlad Ionescu, Gheorghe Tunsoiu, Marcel Sârbu, Ioan Arsene Badea, Călin Mihăileanu, Eugen Neniță, Nicolae Mirea ș.a.

Prima generație de ingineri automatiști cu specializarea Automatică absolvă Facultatea de energetică în anul 1965. Dintre absolvenții acestei promoții au fost

recrutați pentru a deveni viitoare cadre didactice, actualmente profesori universitari cu largă recunoaștere: Sergiu Stelian Ilescu, Traian Ionescu, Mircea Ivănescu, Marin Constantin, Florian Munteanu ș.a.

În anul 1967 se înființează Facultatea de Automatică, cu două catedre de automatică conduse de prof. dr. ing. Corneliu Penescu și prof. dr. ing. Sergiu Călin. Primul decan al facultății de Automatică a fost ales prof. dr. ing. Corneliu Penescu, iar ca prodecan conf. dr. ing. Adrian Petrescu. De menționat că în perioada 1962–1967 secția de automatică din cadrul facultății de energetică a fost coordonată de conf. dr. ing. Florea Simion în calitate de prodecan.

Începând cu anul 1968 se completează catedrele de automatică cu noi absolvenți ai facultății (Aurelian Mihai Stănescu, Corneliu Popeea, Jora Boris, Radu Dobrescu), iar unele cadre didactice asociate se titularizează (Ion Arsene Badea, Gabriel Ionescu, Vlad Ionescu, Sergiu Ilescu ș.a.). Decan al Facultății de Automatică este ales prof. dr. Sergiu Călin și prodecan conf. dr. ing. Nicolae Sprânceană. Catedrele de automatică sunt conduse de prof. dr. ing. C. Penescu și conf. dr. ing. Mihai Tertîșco.

În perioada 1968–1976, Facultatea este condusă de prof. dr. ing. Sergiu Călin ca decan și prof. dr. ing. Nicolae Sprânceană ca prodecan. În această perioadă crește numărul studenților, se înființează specializarea „Automatică Industrială” pentru subingineri se extind cele două catedre fiind selectați pentru a deveni cadre didactice: Theodor Borangiu, Soare Călin, Ilie Catană, Doina Gâdea, Ioana Mihu, Silviu Dumitriu, Florin Stratulat, Bogdan Droașcă ș.a.

Principalele discipline din planul de învățământ au fost acoperite cu manuale didactice și lucrări de referință ca: Regulate Automate (S. Călin), Sisteme Automate (C. Penescu), Teoria Sistemelor Liniare (Vlad Ionescu), Elemente de Execuție (S. Florea, Ioan Dumitrache), Măsurări și Traductoare (G. Ionescu), Identificarea Sistemelor (C. Penescu, M. Tertîșco, G. Ionescu, E. Ceangă) și altele.

Au fost create noi laboratoare didactice și de cercetare științifică a căror dotări a fost asigurată inclusiv cu suportul directorilor de centrale industriale de automatică și calculatoare ing. Ioan Geambașu și dr. ing. Vasile Baltac. Un rol deosebit în procesul de dotare al laboratoarelor facultății l-a avut prof. dr. ing. Felician Lăzăroiu – membru al catedrei de automatică. În 1973 se dă în folosință noua clădire a facultății de automatică fiind create noi laboratoare didactice și de cercetare, se intensifică colaborarea cu institutele de cercetare și întreprinderile industriale.

În perioada 1976–1984, Facultatea este condusă de prof. dr. ing. Simion Florea ca decan și prof. dr. ing. Ioan Dumitrache ca prodecan. Facultatea cunoaște în această perioadă o dezvoltare deosebită, este implicată în rezolvarea multor probleme de automatizare din industrie, cadrele didactice participă la conceperea și realizarea unor echipamente și soluții de automatizare cu aplicații în domeniul conducerii numerice a mașinilor unelte, în automatizarea centralelor termoelectrice și hidroelectrice, automatizarea unor fabrici de zahăr și ciment, automatizarea sistemelor de irigații ș.a.

Se înființează atelierul de cercetare–proiectare al Facultății și atelierul de microproducție în cadrul cărora au fost concepute și produse în serie mică–medie echipamente de automatizare pentru halele avicole (inclusiv pentru export),

echipamente de testare psihologică, echipamente de comandă numerică, echipamente pneumatice. Au fost concepute și introduse în fabricație de serie la Fabrica de Elemente de Automatizare și Intreprinderea Automatica reglatoare numerice, interfețe de proces, programatoare automate. Cadrele didactice și studenții participă în cadrul unor colective mixte de cercetare, proiectare coordoante de prof. dr. ing. Simion Florea pentru echipamente și sisteme pneumatice respectiv de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache pentru sisteme numerice de conducere a proceselor. În urma cercetărilor comune a specialiștilor din facultate, din IPA și I. Automatica a fost conceput și realizat Sistemul Distribuit de Conducere (SDC-2050), fabricat de I. Automatica, și s-a asimilat și introdus în fabricație la IEPAM–Bârlad, Sistemul de echipamente de automatizări pneumatice cu suportul deosebit al prof. dr. ing. Florea Simion.

Au fost concepute și implementate soluții de automatizare pentru întreprinderi din industria chimică, industria lemnului, industria cimentului, energetică, industria constructoare de mașini.

Paralel cu activitatea de proiectare și dezvoltarea de echipamente de automatizare și soluții de automatizare a proceselor industriale colectivele de cercetare din facultate au dezvoltat metodologii pentru analiza și sinteza sistemelor liniare, a sistemelor cu timp mort, au fost concepute și validate strategii avansate de conducere, de identificare a proceselor, prelucrarea semnalelor, conducere avansată a roboților, vedere artificială ș.a.

În perioada 1984–1990, Facultatea de Automatică continuă să se dezvolte în ciuda unor reacții adverse ale conducătorilor din acea perioadă care n-au suportat elitele și domeniul automaticii și calculatoarelor. Se intensifică activitatea de cercetare în domeniul științei sistemelor, al sintezei robuste, al conducerii inteligente a proceselor, al bioingineriei, al sistemelor numerice de conducere în timp real. Sunt concepute și validate pachete de programe de aplicație pentru echipamente numerice de conducere, pachete de programe pentru simularea și proiectarea sistemelor dinamice (SIMSID, PROSIM), sisteme avansate de conducere a roboților, etc. În această perioadă facultatea este condusă de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache în calitate de decan și prof. dr. ing. Gabriel Ionescu și ș.l. Vasile Găburici ca prodecani.

În Facultate, începând cu anul 1975 se organizează Conferința Internațională de Automatică și Calculatoare, ajungând în 2017 la cea de-a 21-a ediție, iar până în prezent au fost organizate peste 50 de manifestări științifice cu participare internațională, Facultatea de Automatică fiind inițiator și coordonator principal.

După anul 1990 se restructurează planurile de învățământ, se reorganizează catedrele de specialitate și laboratoarele didactice și de cercetare. Se înființează centre de cercetare la nivelul celor două catedre de specialitate: Centrul pentru Conducerea Inteligentă și Bioinginerie condus de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache, Centrul pentru Automatică, Conducerea Proceselor (ACPC) condus de prof. dr. ing. Dumitru Popescu și Centrul pentru Fabricație Inteligentă și Robotică (CIMR), condus de prof. dr. ing. Theodor Borangiu.

Au fost obținute rezultate semnificative în domeniul sintezei robuste a sistemelor avansate (Vlad Ionescu, Oară Cristian), în domeniul conducerii inteligente a proceselor (Ioan Dumitrache, Cătălin Buiu), în domeniul prelucrării semnalelor

(Bogdan Dumitrescu, Dan Ștefănoiu), în domeniul optimizărilor (Ion Necoară). Sunt de menționat contribuțiile aduse de prof. dr. ing. Oară Cristian la extinderea teoriei Popov la robustețea sistemelor liniare, teoria Riecati, de prof. dr. ing. Bogdan Dumitrescu în optimizarea cu polinoame trigonometrice pozitive.

În cadrul celor două catedre de automatică reorganizate după 1990 se configurează grupuri și colective de cercetare științifică care tratează subiecte de actualitate și de perspectivă în domeniul ingineriei sistemelor, al automatizării avansate.

Catedra de Automatică și Informatică Industrială este condusă de prof. dr. ing. Traian Ionescu, prof. dr. ing. Radu Dobrescu și de prof. dr. Dorin Cârstoiu, iar Catedra de Automatică și Ingineria Sistemelor este condusă de prof. dr. ing. Mihai Tertișco (1990–1996), prof. dr. ing. Ioan Dumitrache (1996–2012) și prof. dr. ing. Cristian Oară (2012).

Principalele colective de cercetare în cele două catedre (departamente) cu rezultate remarcabile în domeniul automatizării avansate și al sistemelor de automatizare sunt:

- Colectivul **Sisteme dinamice, optimizări și calcul numeric**, condus de Vlad Ionescu și Cristian Oară, în care regăsim cercetători de valoare precum Corneliu Popeea, Boris Jora, Ștefan Radu, Ion Necoară. Bogdan Dumitrescu ș.a. are ca direcții de cercetare: Metode numerice pentru analiza și sinteza sistemelor, Algoritmi numerici și programarea semidefinită, Prelucrare avansată a semnalelor. Stabilitatea robustă a sistemelor cu timp mort, Extinderea teoriei generale Riccati de tip Popov la cazul nesimetric, Teoria sistemelor descriptor și tehnici de factorizare.

- Colectivul **Automatizări și Structuri Evolute de Conducere**, coordonat de Dumitru Popescu are ca direcții de cercetare: Achiziție și Prelucrare de date, Identificare și comanda sistemelor, Supervizare, decizii de conducere și prelucrare de date, Informatică și comunicații pentru mediu industrial, Conducere în timp real a proceselor. În colectiv regăsim specialiști ca: Dan Ștefănoiu, Ciprian Lupu, Cătălin Petrescu ș.a.

- Colectivul **Sisteme Inteligente de Conducere și Bioinginerie**, coordonat de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache, are ca direcții de cercetare: Arhitecturi de sisteme inteligente; Modelarea sistemelor inteligente; Tehnici inteligente hibride; Sisteme cognitive de conducere; Sisteme autonome; Tehnici de conducere predictivă; Conducerea inteligentă a roboților mobili; Agenți inteligenți; Tehnici inteligente în bioinformatică; Calcul natural; Sisteme integrate Cyber-fizice; Sisteme inteligente de fabricație. Din colectiv fac parte Cătălin Buiu, Ioana Miha, Nicolae Constantin, Simona Caramihai, Ion Sacală, Mihnea Moiescu ș.a.

- Colectivul **Conducerea și monitorizarea proceselor de mediu**, coordonat de Nitu Costică, are ca direcții de cercetare: Sisteme de achiziție și control în ecologie; Tehnici de radiometrie în ecologie; Modelarea proceselor în ecologie și conducerea proceselor de mediu. Din colectiv face parte conf. dr. ing. Alexandru Dumitrașcu.

- Colectivul **Sisteme Informatică / Sisteme cu microprocesoare**, coordonat de prof. dr. ing. Traian Ionescu și prof. Dorin Cârstoiu, are ca direcții de cercetare: Sisteme cu microprocesoare; Prelucrarea semnalelor în structuri multimicroprocesor; Sisteme Expert în timp real; Informatică Medicală; Mobilitate în rețele de calculatoare,

prelucrări cu grad înalt de paralelism. Din colectiv fac parte: Daniela Saru, Anca Ioniță, Liliana Dobrică, Radu Pietraru ș.a.

- Colectivul **Sisteme Robot – Vedere artificială și Fabricație Integrată cu Calculator**, coordonat de Theodor Borangiu, are ca direcții de cercetare: Bazele roboticii și sistemelor CIM; Conducerea proceselor industriale; Sisteme orientate pe servicii; Vedere artificială. Din colectiv mai fac parte: Andrei Hossu, Mitică Manu, Nick Ivănescu, Silviu Răileanu și alții.

- Colectivul **Achiziția, Prelucrarea și Transmiterea Informației**, coordonat de Radu Dobrescu, are ca domeniu de cercetare: Achiziția și prelucrarea primară a semnalelor; Sisteme Informatice Complexe; Sisteme Inteligente în transporturi; Fiabilitatea echipamentelor și sistemelor; Rețele de comunicații. Din colectiv fac parte: Dan Popescu, Radu Vărbănescu, Daniela Hossu, Dan Merezeanu, Ștefan Mocanu ș.a.

- Colectivul **Prelucrarea datelor experimentale și diagnoza automată**, coordonat de Valentin Sgârțiu are ca direcții de cercetare: Clădiri inteligente; Algoritmi și programe de prelucrare distribuită; Tehnici de prelucrare optimală cu matrice rare; Acționări reglabile.

- Colectivul **Modelarea și Conducerea proceselor industriale**, coordonat de Sergiu Iliescu, are ca direcții de cercetare: Automatizarea proceselor energetice; Protecții numerice în sistemele electro-energetice și centrale electrice; Diagnoza și detectarea defectelor în procese industriale; Sisteme informatice ierarhice și distribuite. Din colectiv mai fac parte: Ioana Făgărășan, Stamatescu Iulia, Nicoleta Arghir.

- Colectivul: **Sisteme cu evenimente discrete**, coordonat de A.M. Stănescu și Simona Caramihai, are ca direcții de cercetare: Modelarea sistemelor cu evenimente discrete; Sisteme hibride; Sisteme inteligente de fabricație; Sisteme hibride Cyber-fizice; Conducerea proceselor complexe.

În perioada 1970–1989 activitatea de cercetare, bazată în cea mai mare parte pe contracte cu întreprinderi industriale și institute de cercetare–proiectare, s-a materializat prin echipamente, tehnologii și soluții de automatizări complexe. Grupul condus de prof. dr. ing. Nicolae Sprânceană, având în componență tinerii asistenți Radu Dobrescu și Theodor Borangiu și inginerii Cristian Constantinescu și Cornel Frankenfeld, împreună cu tehnicienii Nicolae Olariu, Mircea Stan și Constantin Băluță, a dezvoltat tehnologii și echipamente pentru creșterea productivității și economisirea energiei cu aplicabilitate în ferme agricole. Au fost concepute și realizate: Variator automat al intensității luminoase, Sisteme de reglare a turației ventilatoarelor, Instalații de climatizare. Unele dintre aceste echipamente au fost omologate și produse în serie medie în cadrul atelierului de microproducție al facultății.

Au fost dezvoltate cercetări privind realizarea de echipamente și programe de sudură cu comandă numerică a mașinilor unelte, echipamente de sudură cu comandă numerică introduse în fabricație la Întreprinderea Electrotehnica, precum și echipamente de automatizare specifice sistemelor de irigații.

Colectivul condus de Gabriel Ionescu, în componența căruia regăsim ca membri: Radu Dobrescu, Bogdan Droașcă, Valentin Sgârțiu, Ion Hohan, Dan Popescu și Radu Vărbănescu, a conceput și dezvoltat: Tehnologii și echipamente pentru suportul activității de cercetare experimentală. Au fost concepute metode originale pentru

identificarea experimentală a proceselor cu dinamică neliniară, pentru analiza spectrală a semnalelor, algoritmi de implementare a Transformatei Fourier Rapide în timp real, metode de eliminare a incertitudinilor de măsură prin fuziune senzorială.

Au fost realizate patru aparate pentru laboratoare de cercetare științifică: Analizator Fourier, Analizator Statistic, Transferometre numerice și Generator de semnale pseudoaleatoare, omologate și introduse în fabricație la IAUC în anul 1980. Colectivul a conceput și realizat: Traductoare de debit în canale deschise pentru I.T.R.D. Pașcani, Sistem automat de sortări a rulmenților ș.a. Cea mai mare parte dintre echipamentele realizate a făcut obiectul unor brevete de invenție.

De remarcat contribuția celor două departamente de automatică din UPB la creșterea vizibilității automaticii din România prin cele peste 30 de volume publicate în edituri din străinătate și cele peste 2 000 de articole și lucrări publicate în jurnale de specialitate și volumele unor conferințe indexate ISI, în ultimii 15 ani. Printre lucrările de referință elaborate în ultimii 15 ani este de menționat lucrarea de tip monografie, în trei volume, publicată în Editura Academiei Române în perioada 2009–2015. La elaborarea lucrării *Automatica*, sub coordonarea acad. Ioan Dumitarche, și-au adus contribuția cadre didactice din toate centrele universitare. Astfel, România este printre puținele țări care elaborează și publică într-o formă originală, unitară, o lucrare de sinteză a principalelor rezultate din domeniul automaticii până în anul 2015.

De menționat că primele lucrări referitoare la analiza și sinteza sistemelor automate au fost elaborate și publicate de dr. ing. Cristofor Vazaca și prof. dr. ing. Corneliu Penescu, în anii 1959–1961.

În Anexa I sunt selectate unele lucrări reprezentative elaborate de autori din București.

Sunt de remarcat lucrările elaborate de cadre didactice din Facultatea de Automatică și Calculatoare și de cercetători de prestigiu de la Institutul Central de Informatică, cu impact deosebit în comunitatea științifică din domeniu, printre care menționăm:

– o atenție deosebită a fost acordată valorificării rezultatelor cercetărilor științifice obținute de cadrele didactice și cercetători din domeniul automaticii (vezi Anexa V);

– Comisia de Automatizări a Academiei Române analizează, în anii 1959–1960, posibilitatea editării unei reviste de specialitate în paginile căreia să fie publicate rezultatele cercetărilor științifice. În 1961 apare primul număr al revistei „Automatica și Electronica”, revistă coordonată ca editor-șef de prof. dr. ing. Corneliu Penescu și editor-șef adjunct conf. dr. ing. Florea Simion;

– preocuparea pentru publicarea rezultatelor cercetărilor științifice a condus la apariția revistei „Automatica, Management, Conducere”, editată de Editura Tehnică și avându-l ca editor-șef pe ing. Zamfirescu.

După anul 1990 au apărut încă 4 reviste din domeniul Automaticii. Sub coordonarea acad. Florin Gheorghe Filip, director la Institutul Central de Informatică, apar revistele: „Studies of Informatics and Control-SIC” și „Revista Română de Informatică și Automatică” – RRIA. Ca editor-șef al acestor reviste de specialitate, acad. Florin Gheorghe Filip a promovat producția științifică românească contribuind la creșterea vizibilității automaticii și informaticii. Pe aceeași linie de promovare a rezultatelor cercetării științifice din domeniul automaticii, calculatoarelor și

comunicațiilor, la inițiativa și sub coordonarea acad. Florin Gheorghe Filip apare revista: „International Journal of Computer, Communication and Control”, editată de Universitatea Agora din Oradea (cofondatori I. Dzitac și M.J. Manolescu). Editor-șef al acestui jurnal este acad. Florin Gheorghe Filip și editor asociat prof. dr. mat. Ioan Dzitac (din 2018 coeditor-șef). Revista se bucură de recunoaștere internațională fiind cotată ISI cu un factor de impact în creștere.

În 1999, Consiliul director al Societății Române de Automatică și Informatică Tehnică decide înființarea revistei „Control Engineering ad Applied Informatics”. Revista se bucură de recunoaștere internațională fiind cotată ISI cu un factor de impact în continuă creștere din anul 2009 până în prezent. Editorul-șef al revistei este acad. Ioan Dumitrache.

De menționat numărul mare de articole publicat de specialiști în domeniul automatizării în jurnale internaționale cotate ISI cu factor de impact.

PREOCUPĂRI ȘI REALIZĂRI LA UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ-NAPOCA

La Institutul Politehnic din Cluj-Napoca, azi Universitatea Tehnică, în perioada 1965–1968 se înființează Catedra de Automatică și se formează primul nucleu de cadre didactice și primele laboratoare didactice și de cercetare științifică. În perioada 1968–1974 se dezvoltă ca unitate independentă catedra de automatică, iar între 1974–1990 funcționează sub denumirea Automatică și Utilizarea Energiei Electrice, respectiv Utilizări și Automatizări.

În 1990 se înființează și se consolidează Facultatea de Automatică și Calculatoare cu trei catedre: Automatică, Calculatoare și Matematică. Inițiatorul și coordonatorul procesului de înființare și consolidare a Catedrei de Automatică a fost prof. dr. ing. Marius Hângănuț, fiind ales șeful catedrei. În perioada 1972–1976, prof. dr. ing. Marius Hângănuț este ales ca decan al Facultății de Electrotehnică, iar în perioada 1974–1990 este numit și director al filialei IPA creată în 1974.

Prof. dr. ing. Marius Hângănuț a introdus o severitate cu tentă elitistă în elaborarea, predarea și corelarea disciplinelor de electronică și calculatoare. În calitate de șef al Catedrei de Automatizări (devenită la scurt timp Catedra de Automatică), iar apoi decan al Facultății de Electrotehnică, a fost personalitatea care a inițiat, organizat și modernizat în permanență atât învățământul de electronică, cât mai ales de automatică și calculatoare, până la decesul prematur din anul 1995. A știut să-și aleagă colaboratorii, iar apoi să urmărească și să sprijine evoluția lor profesională. A inițializat și organizat, împreună cu Institutul pentru Automatizări, Filiala IPA Cluj, o direcție de cercetare la nivel național și internațional în domeniul testelor automate.

Printre șefii Catedrei de Utilizări-Automatizări îl regăsim pe prof. dr. ing. Tiberiu Coloși (1979–1986). În 1977 se înființează cele două secții: Automatică–Calculatoare și Electronică–Telecomunicații. În anul 1990 se înființează Facultatea de Automatică și Calculatoare al cărei decan este ales conf. dr. ing. Gheorghe Lazea, avându-l ca prodecan pe dr. ing. Kalman Pusztai. Între anii 1990–1995 catedra de automatică este condusă de prof. dr. ing. Marius Hângănuț. În perioada 1995–2003

facultatea este condusă de prof. dr. ing. Kalman Pusztai, iar catedra de Automatică este condusă de prof. dr. ing. Tiberiu Coloși. Se înființează Centrul de Cercetare pentru Conducere Evoluată a Proceselor, se organizează, împreună cu Filiala IPA, conferințele AQTR de Automatică, Calitate, Testare și Robotică sub egida IEEE și SRAIT.

Între anii 1996–2004, prof. dr. ing. Gheorghe Lazea a fost rectorul Universității Tehnice din Cluj-Napoca, Facultatea de Automatică și Calculatoare fiind condusă de prof. dr. ing. Kalman Pusztai ca decan și prof. dr. ing. Mihai Abrudean ca prodecan.

În anul 2003 este ales ca șef al Catedrei de Automatică prof. dr. ing. Liviu Miclea, iar începând cu anul 2004 conducerea facultății este asigurată de prof. dr. ing. Sergiu Nedevschi ca decan și de prof. dr. ing. Mihai Abrudean ca prodecan.

Sunt intensificate eforturile de dotare a laboratoarelor de automatică, se intensifică colaborarea cu mari companii care dezvoltă echipamente și sisteme de automatizare (EMERSON, NOKIA, Siemens). Conducerea facultății este asigurată de prof. dr. ing. Liviu Miclea în perioada 2012–2016, iar în perioada 2013–2014 începe procesul de integrare a facultății în clusterul regional Cluj-IT și derularea unor contracte de cercetare cu companiile ELECTROLUX și TENARIS.

Paralel cu activitatea didactică, remarcabil desfășurată de cadrele didactice din cadrul Catedrei de Automatică, un număr important de lucrări științifice și contracte de cercetare au fost realizate pe parcursul celor peste 50 de ani de activitate ai catedrei. Au fost extinse colaborările cu întreprinderi industriale (EMERSON, IBM, Mchelin Zalău, Siemens, Tenaris-Silcotub Zalău, Continental Elecnis Cluj-Napoca, ICIA Cluj, TELDECCO etc.).

Au fost concepute și realizate regulatoare analogice și numerice, echipamente electronice de automatizare. Au fost inițiate noi direcții de cercetare vizând: Modelarea și simularea proceselor cu parametrii distribuiți, fiabilitatea și diagnoza aplicațiilor industriale, conducerea roboților, controlul inteligent al proceselor, sisteme adaptive etc.

Au fost câștigate, prin competiție, peste 30 granturi de cercetare și peste 50 de contracte de cercetare–dezvoltare cu diverse companii, iar rezultatele cercetărilor au fost valorificate în peste 150 articole publicate în jurnale de specialitate și în volumele unor conferințe indexate ISI, în ultimii 10 ani.

Colectivul Catedrei de Automatică din Universitatea Tehnică Cluj-Napoca a publicat, în ultimii 15 ani, peste 80 de lucrări în edituri naționale și internaționale, a coordonat peste 60 de contracte de cercetare cu rezultate importante atât în plan conceptual cât și aplicativ, cu peste 23 brevete de invenție.

Principalele grupuri de cercetare din domeniul automatizării

a) **Tehnologii avansate pentru sisteme de măsurare**, format din prof. dr. ing. Daniel Moga, prof. dr. ing. Dorin Petreuş, prof. dr. mat. Mircea Ivan, prof. dr. mat. Ion Gavrea, prof. dr. ing. Mihai Stelian Munteanu, Ş.l.ing. Ramona Galatus, conf. dr. mat. Bogdan Gavrea, mat. Rozica Moga, dr. fiz. Gabriela Mocanu, as. drd. ing. Nicoleta Stroia.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Senzori inteligenți, Rețele de senzori, Proiectare Hardware/Software pentru control distribuit pe platforme integrate, Monitorizare și Control bazate pe prelucrare de imagine.

b) Dezvoltarea rapidă a prototipurilor pentru controlul proceselor industriale (RADECO), format din prof. dr. ing. Petru Dobra, dr. ing. Radu Duma, sl. dr. ing. Mirela Dobra, as. dr. ing. Valentin Sita.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Controlul numeric al acționărilor electrice pentru sisteme de poziționare, Configurarea echipamentelor în automatizarea clădirilor, Sisteme înglobate în automatizări ambientale inteligente

c) Ingineria Proceselor și a Sistemelor Energetice (PSE), format din prof. dr. ing. Mihail Abrudean, conf. dr. ing. Vlad Mureșan, as. dr. ing. Iulia Clitan, șl. dr. ing. Ionuț Muntean.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Modelarea sistemelor de distilare, Modelarea, simularea și controlul proceselor cu parametri distribuiți, Conducerea proceselor industriale, Conducerea proceselor neconvenționale, Control multinivel.

d) Metode avansate de control al proceselor (MACP), format din prof. dr. ing. Eva Dulf, prof. dr. ing. Clement Feștilă, șl. dr. ing. Cristina Mureșan, șl. dr. ing. Roxana Both

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Modelarea proceselor chimice, Algoritmi avansați de control: reglatoare de ordin fracționar, reglatoare robuste, reglatoare predictive



e) Cercetări în domeniul roboticii (Robotics Research Group – RRG), format din prof. dr. ing. Gheorghe Lazea, șl. dr. ing. Sorin Herle, șl. dr. ing. Cosmin Marcu, șl. dr. ing. Levente Tamas.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Robotică (roboți seriali, mobili, industriali, proteze mioelectrice), Sisteme de fabricație integrate (CIM), Sisteme hidraulice și pneumatice, Conducerea numerică a mașinilor unelte, Analiza și prelucrarea semnalelor mioelectrice, Modelarea și controlul sistemelor robot umanoide.

f) Rețele de senzori fără fir (WSN – Tech), format din conf. dr. ing. Silviu Folea, șl. dr. ing. Mihai Hulea, șl. dr. ing. George Mois, șl. dr. ing. Bordencea Daniela.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Proiectarea și realizarea de sisteme înglobate (embedded systems) și reconfigurabile cu FPGA, cu posibilitate de măsurare cu ajutorul senzorilor, determinarea locației prin GPS sau pe baza RSSI și

transmisia datelor prin Wi-Fi sau GSM. Realizarea de sisteme de control avansat pentru sisteme industriale de timp real și care includ și sisteme reconfigurabile cu FPGA.

g) **Sisteme de conducere distribuită (SCD)**, format din prof. dr. ing. Tiberiu S. Leția, prof. dr. ing. Adina Aștilean, conf. dr. ing. Camelia Avram, șl. dr. ing. Radu Miron, as. dr. ing. Ovidiu Cuibus.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Sisteme de control distribuit, aplicații înglobate, sisteme de timp-real, controlul distribuit al traficului în sisteme de transport.

h) **Sisteme dependabile (DeSy)**, format din prof. dr. ing. Liviu Miclea, prof. dr. ing. Honoriu Vălean, conf. dr. ing. Enyedi Szilard, șl. dr. ing. Ovidiu Stan, as. dr. ing. Teodora Sanislav, as. drd.ing. Iulia Ștefan, as. dr. Laura Vegh.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Dependabilitate, Diagnoză, Testare, Securitate, Sisteme cyber-fizice (CPS), Sisteme inteligente, Dezvoltare de arhitecturi de sisteme integrate complexe, de semantici pentru modele heterogene și limbaje de simulare.

i) **Sisteme și echipamente pentru conducerea proceselor industriale (SECPI)**, format din prof. dr. ing. Ioan Nașcu, prep. drd. ing. Tudor Buzdugan, șl. dr. ing. Ruben Crișan.



Sistem de control a concentrației de oxigen într-o instalație de tratare a apei.

Principalele direcții de cercetare ale grupului sunt: Sisteme și echipamente pentru conducerea proceselor industriale, Evaluarea performanțelor proceselor industriale, Proiectarea, implementarea și analiza sistemelor automate pentru reglarea parametrilor tehnologici, Tehnici avansate de control automat: structuri industriale de control automat, algoritmi avansați de control automat, Sisteme înglobate – sisteme cu microcontrollere, interfețe de achiziție date, comunicații industriale.

De menționat contribuția remarcabilă a prof. dr. ing. Tiberiu Coloși la dezvoltarea de metode și proceduri pentru analiza și sinteza sistemelor cu parametri distribuiți. De asemenea, sunt de menționat rezultatele originale obținute de prof. dr. ing. Arpad Kelemen în domeniul motoarelor pas cu pas și al aplicațiilor acestora în automatizarea proceselor, (1970–1980) fost decan al Facultății de Electrotehnică și șef al Catedrei de Acționări Electrice.

De asemenea, profesorul Ioan Dancea, aparținând Catedrei de Automatică în intervalul anilor 1964–1982, a predat primul curs de Calculatoare, contribuind apoi la organizarea și modernizarea întregii activități din profilul disciplinelor de tehnică de calcul. După plecarea definitivă din țară (1982), a sprijinit prin documentații tehnice din străinătate colectivul de calculatoare.

Se evidențiază și contribuțiile profesorului Tiberiu Coloși la elaborarea de proceduri pentru analiza și sinteza sistemelor cu parametri distribuiți prin Metoda matricei derivatelor parțiale a vectorului de stare.

În domeniul organizării unor manifestări științifice, colectivul Catedrei de Automatică, în colaborare cu Filiala IPA-Cluj, sub conducerea prof. Marius Hângănuț, a participat la organizarea și desfășurarea a încă 3 (THETA 7–9) Simpozioane naționale cu participare internațională, în domeniul Echipamentelor de testare automată, la Cluj-Napoca.

După dispariția regretatului profesor Marius Hângănuț, această activitate a fost continuată într-o formă extinsă, tot în colaborare cu Filiala IPA Cluj, director ing. Ioan Stoian, sub egida Societății Române de Automatică și Informatică Tehnică (SRAIT).

Au fost organizate 12 manifestări internaționale având ca tematică „Automatică, Calitate, Testare, Robotică” și „Conducerea sistemelor energetice”. Lucrările sub egida IEEE, IFAC și SRAIT, susținute și publicate în volumele conferințelor sunt indexate ISI.

Unele rezultate ale activităților de cercetare sunt prezentate selectiv în Anexa II.

REALIZĂRI DEOSEBITE ALE IEȘENILOR ÎN DOMENIUL AUTOMATICII ÎN CADRUL UNIVERSITĂȚII TEHNICE „GH. ASACHI” DIN IAȘI

Preocupări științifice de pionierat în domeniul automaticii

Preocupările științifice de pionierat în domeniul automaticii la Institutul Politehnic „Gheorghe Asachi” din Iași sunt legate de activitățile profesorilor Leopold Sebastian și Ioan Bejan, care, la începutul anilor '60, au predat primele cursuri de specialitate studenților de la secțiile de Electromecanică, respectiv Energetică ale Facultății de Electrotehnică. Manualele universitare corespunzătoare acestor cursuri au fost publicate în deceniul următor. În aceeași perioadă, la Facultatea de Electrotehnică sunt aprobate și programele doctorale în domeniul automaticii, conduse de prof. Leopold Sebastian (începând din 1966 – Automatizări industriale) și prof. Ioan Bejan (începând din 1972 – Automatizări în electroenergetică). Cercetările au vizat caracterizarea dinamicii mai multor clase de sisteme, dezvoltarea unor echipamente și soluții de automatizare, optimizarea exploatării și distribuției energiei electrice, elaborarea de algoritmi și implementarea de software pentru problematici specifice automaticii.

În această primă etapă a dezvoltării automaticii la Institutul Politehnic „Gheorghe Asachi” din Iași au avut o contribuție deosebită distinșii profesori: Ion Bejan, Leopold Sebastian, Mihail Voicu, Gherghina Balaban ș.a., care au publicat și primele manuale și lucrări științifice.

Tehnici calitative dedicate proprietăților structurale de invarianță și stabilitate

A fost dezvoltat un cadru de cercetare unitar care să permită incorporarea de rezultate noi privind proprietățile de invarianță și stabilitate a diverse clase de sisteme dinamice, finit dimensionale (sisteme mono-model, sisteme cu incertitudini politopice, sisteme stohastice, sisteme cu comutații). O serie din aceste rezultate au susținut realizarea proiectelor cu finanțare din partea Ministerului Educației, desfășurate în perioada 2005–2016. Sub raport cronologic, abordările inițiale s-au concentrat pe invarianța mulțimilor rectangulare (care a condus la conceptul de „stabilitate pe componente”) în raport cu dinamici descrise prin mono-modele de tip mono-modele de tip neliniar, modele politopice de tip liniar, modele politopice de tip neliniar. Extinderea investigațiilor s-a referit la invarianța pentru mulțimi de forme oarecare (definite de norme p -Hölder ponderate) în raport cu dinamici descrise prin mono-modele de tip liniar autonom, mono-modele de tip liniar neautonom, mono-modele de tip neliniar, modele politopice de tip liniar, modele cu structuri liniare comutate, modele stohastice. Pentru dinamicele descrise prin modele politopice de tip liniar au fost formulate și o serie de criterii pentru estimarea localizării spectrelor. O parte dintre lucrările elaborate de Mihail Voicu, Octavian Păstrăvanu, Mihaela H. Matcovschi în acest domeniu sunt prezentate în google scholar citation.

Tehnici de modelare dinamică și control predictiv

S-a creat un cadru performant destinat derulării cercetărilor de modelare dinamică și control predictiv pentru clase de sisteme auto, sisteme *servoing* vizuale și procese termice. Unele rezultate ale acestor investigații au condus la finalizarea proiectelor de grant, a unor cercetări doctorale sau postdoctorale și la publicarea unor monografii. Cronologic, primele cercetări s-au concretizat în modelarea și controlul predictiv al unor procese termice, urmate de dezvoltarea unor modele de predicție și algoritmi de control predictiv pentru sistemele *servoing* vizuale utilizate în comanda roboților. Pentru sistemele auto au fost create modele și simulatoare software destinate sistemelor de transmisie și motoarelor sincrone folosite în tracțiunea electrică.

Soluțiile propuse pentru sistemele de comunicații ale autovehiculelor și modelarea întârzierilor introduse de acestea au fost publicate în volume ale unor conferințe din domeniu, și respectiv în jurnale de specialitate. Modelele create pentru sistemele auto au stat la baza dezvoltării unor algoritmi predictivi liniari în rețea și neliniari pe un pas, bazați pe funcții Lyapunov flexibile pentru compensarea întârzierilor variabile în timp, sau pentru rezolvarea restricțiilor printr-o abordare politopică. De asemenea, au fost create regulatoare pentru controlul cuplului motoarelor sincrone cu excitație separată și o strategie de control predictiv în domeniul δ discret.

Aceste rezultate au fost obținute de colectivul coordonat de Corneliu Lazăr, împreună cu Constantin F. Căruntu, Adrian Burlacu și dr. Cosmin Copoț (asistent – University of Antwerp) în domeniul sistemelor *servoing* vizuale, conf. Constantin Căruntu, dr. Andreea Bălău (Innovator at TNO - Hague) și dr. Sabin Carpiuc (Software

Engineering at MathWorks, Cambridge, UK) în domeniul sistemelor auto, conf. Lavinia Ferariu, ș.l. Cristina Budaciu și ș.l. Cătălin Braescu în domeniul controlului sistemelor în timp real și alții. În google scholar citation sunt prezentate selectiv unele dintre lucrările publicate.

Planificarea și controlul roboților

Se abordează problema dezvoltării de algoritmi pentru planificarea și controlul roboților, inclusiv pentru roboții mobili, în anumite situații. Toți algoritmi dezvoltati au în comun construcția unui model cu număr finit de stări pentru evoluția robotului în spațiul de lucru considerat, acest model putând fi de tip sistem de tranziții sau rețea Petri. Situațiile vizate includ diverse tipuri de roboți – precum omnidirecționali, *differential-driven*, de tip mașină – și clase diferite de specificații, de la atingerea unui punct țintă și evitarea obstacolelor, până la formule logice și temporale asupra vizitării unor regiuni de interes. Rezultatele obținute au fost extinse și pentru anumite situații specifice precum echipe de roboți mobili și spații de evoluție dinamice. Parte din cercetările aferente acestei direcții de cercetare au fost efectuate în cadrul unor proiecte. Între acestea a existat un proiect inițiat de prof. Mihail Voicu, prof. Octavian Păstrăvanu și prof. Doru Pănescu, în valoare de 220 000 USD, finanțat printr-un grant al Băncii Mondiale și al Guvernului României, intitulat Sistem flexibil de fabricație integrat cu calculatorul: unitate centrală de conducere, doi roboți industriali, sistem de vedere artificială și de recunoaștere a formelor, mașină unecaltă și conveier, și rețea de calculatoare pentru programare și instruire (v. figura de mai jos). Rezultatele au fost diseminate prin publicarea în reviste. Echipa de cercetare în acest domeniu este formată din: Doru Pănescu, Marius Kloetzer, Cristian Mahulea, Adrian Burlacu, Carlos Pascal și alții.



Sistem flexibil de fabricație integrat cu calculatorul: unitate centrală de conducere, doi roboți industriali, sistem de vedere artificială și de recunoaștere a formelor, mașină unecaltă și conveier, și rețea de calculatoare pentru programare și instruire.

Tehnici computaționale pentru modelarea și conducerea unor clase de sisteme dinamice

A fost creat un cadru pentru dezvoltarea tehnicilor computaționale destinate modelării și conducerii unor clase de sisteme dinamice. Au fost studiate și caracterizate o serie de proprietăți referitoare la interconectabilitatea Kirchhoff a sistemelor, aspecte practice în testarea controlabilității, proiectarea și implementarea de algoritmi pentru CACSD și aplicații de timp real, conexiuni comportamentale aferente inegalității Popov, determinarea gradului McMillan, conducerea bazată pe predicție Smith. În cazul sistemelor cu dinamică parțial cunoscută, problematicile specifice analizei și sintezei sunt abordate prin utilizarea modelor nerecursive și a mecanismului de învățare cu repetiție (*reinforced learning*). Brevetul și articolele – elaborate în colaborare cu University of Texas at Arlington, prezintă rezultate noi pentru dinamicele pilotate de evenimente, referitoare la utilizarea modelelor matriceale și la prevenția fenomenului de blocaj (*deadlock*). Proiectele cu finanțare din partea Ministerului Educației propun o serie de metode noi pentru acordarea reguletoarelor, utilizarea în robotica bazată pe vedere artificială și conducerea fabricației flexibile. Software-ul oferă un mediu de simulare, analiză și proiectare a sistemelor cu evenimente discrete, bazat pe formalismul rețelelor Petri. Acest formalism este, de asemenea, utilizat în formularea unor soluții noi pentru modelarea și analiza dinamicilor hibride, în cadrul Proiectului cu finanțare din partea Ministerului Educației. Teoria rețelelor neurale este exploatată pentru conceperea de strategii de modelare și de proiectare a structurilor de conducere.

Colectivul format din Mihail Voicu, Octavian Păstrăvanu, Mihaela H. Matcovschi, Mircea Lazăr (actualmente conferențiar la Universitatea de Tehnologie din Eindhoven), Cristian Mahulea (actualmente conferențiar la Universitatea din Zaragoza) și alții au elaborat și publicat peste 30 de lucrări în acest domeniu. În google scholar citation sunt prezentate selectiv unele dintre lucrările publicate.

În Anexa III sunt prezentate selectiv unele dintre lucrările elaborate de colectivul de specialiști de la Facultatea de Automatică și Calculatoare din Iași.

PREOCUPĂRI ȘI REALIZĂRI ÎN DOMENIUL AUTOMATICII LA UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA

La Timișoara, învățământul de automatică a fost deschis la Facultatea de Electrotehnică a Institutului Politehnic Timișoara, cursul de *Automatizări*, susținut de Nicolae Budișan începând cu anul 1959. Acesta a fost urmat, în 1963, de cursul de *Automatizări în chimie*, prezentat de Roland Minges la Facultatea de Chimie Industrială. Activitățile didactice au reprezentat consecințe firești ale activităților de cercetare desfășurate la Academia Română, Filiala Timișoara. În aceeași vreme, cercetări consistente în domeniul automaticii cu aplicații în acționări electrice au fost întreprinse și de Grupul de Cercetări Electromotor Timișoara condus de Dan H. Teodorescu, cadru didactic asociat Politehnicii în intervalul 1965–1971.

Învățământul de Automatică din Politehnica timișoreană s-a dezvoltat și s-a consolidat în ritmul adoptat la nivel național și în ritmul restructurărilor instituționale

parcurs de Institutul Politehnic Timișoara, devenit azi Universitatea Politehnică Timișoara (UPT). Un suport notabil pentru aplicații în intervalul 1980–1989 l-a oferit filiala IPA din Timișoara.

Într-o primă etapă dezvoltarea a fost marcată de înființarea la Facultatea de Electrotehnică a specializărilor: Automatizări industriale (1974), Conducerea proceselor cu calculatorul (1978) și Automatică (1990) cu direcțiile de aprofundare „Sisteme informaționale de conducere a proceselor”, „Ingineria programării orientate pe aplicații” și „Automatizări industriale”. Într-o a doua etapă, după introducerea profilului „Știința sistemelor și a calculatoarelor” (1993), Politehnică a oferit prin Facultatea de Automatică și Calculatoare studii aprofundate în specializările: Abordări moderne în conducerea informațională (1994), Sisteme automate (1997) și Embedded systems (2004) (în colaborare cu S. C. Siemens VDO Automotive Romania S.R.L., ulterior cu S.C. Continental Automotive Romania S.R.L.). Într-o a treia etapă, odată cu organizarea învățământului în sistem Bologna, au fost introduse programul de licență „Ingineria sistemelor” cu specializarea Automatică și informatică aplicată (2005) și programele de masterat „Ingineria sistemelor automate”, „Sisteme informatice aplicate în producție și servicii”, „Sisteme informatice în îngrijirea sănătății” (2009) alături de programul „Embedded systems”.

Restructurările instituționale care au sprijinit consolidarea colectivului de automatică din Politehnică timișoreană au fost: înființarea catedrelor de Calculatoare, electronică și automatică (1967), Electronică – Automatică – Măsurări (1972) și Automatică (1990) – șef de catedră Ioan Mureșean, odată cu înființarea Facultății de Calculatoare și Automatică. În 1996 catedra s-a transformat în departament, devenit, astăzi, Departament de Automatică și Informatică Aplicată (director de departament Toma L. Dragomir). Departamentul a concentrat principala resursă umană de cercetare și activitate didactică în domeniul automatizării și o parte consistentă a resursei umane de cercetare și activitate didactică în domeniul informaticii. La activitățile referite în continuare au participat numeroși doctoranzi, unii dintre ei fiind astăzi membri ai colectivului departamentului.

Anterior anului 1992, colectivul de Automatică de la Facultatea de Electrotehnică Timișoara s-a implicat în mod independent sau în colaborare cu alte colective din universitate sau industrie în cercetări derulate în principal în domeniul Construcției de Mașini și Electroenergeticii. S-au constituit grupuri de cercetare coordonate de Nicolae Budișan, Toma-Leonida Dragomir și/sau Ștefan Preitl. Din grupurile de cercetare au făcut parte Radu Boraci, Ioan Mureșan, Alexandru-Rene Trica, Radu Emil Precup și Sorin Nanu. Cronologic, principalele teme abordate au fost: Automatizarea sistemului de tracțiune pe locomotive Diesel electrice (1973–1978), Sisteme de acționare cu motoare lineare și vehicule pe pernă magnetică (1977–1992, temă coordonată de Ion Boldea de la Catedra de Mașini electrice), Analiza stabilității, fiabilității și diagnoza defecțiunilor din zona Oltenia a Sistemului Energetic Național (1978–1983, temă coordonată de Ovidiu Crișan de la Catedra de Electroenergetică), *Dezvoltarea și realizarea unor noi tipuri de regulatoare de turație/putere activă la hidrogenatoare* (1982–1987, în colaborare cu CCSITEH Reșița), *Cercetări în domeniul conducerii roboților industriali* (1983–1988, temă coordonată de Tiberiu Mureșan de la Catedra de Electronică Aplicată), *Dezvoltarea și realizarea unor noi tipuri de regulatoare*

dedicate reglării tensiunii hidrogenatoarelor (1987–1993 în colaborare cu CCSITEH Reșița). Toate temele au avut ca obiective implementări practice. Ele au fost realizate de cele mai multe ori în tehnică analogică asociată și cu comenzi numerice. Alături de structuri de reglare convenționale, bazate pe regulatoare PID au fost implementate și structuri moderne, inclusiv de tip adaptiv.

Creșterea numărului membrilor Departamentului de Automatică și Informatică Aplicată a condus, curând după 1991, la derularea cercetării pe colective de lucru cu preocupări didactice și de cercetare focalizate pe subdomenii științifice. Alături de trei colective orientate spre cercetări în domeniul automatizării, colective la care ne referim în continuare, în cadrul departamentului s-au format colective de cercetare cu rezultate consistente în domeniul informaticii.

Unul dintre colectivele de automatică care a performat în mod notabil atât în ceea ce privește numărul de granturi de cercetare naționale și internaționale câștigate prin competiție ca și contractori unici / principali sau ca și asociați în colective de cercetare naționale sau internaționale (peste 40) cât și în ceea ce privește numărul de articole comunicate la conferințe și simpozioane internaționale organizate (IEEE, IFAC, IFSA, IFOR) cu volume indexate și în reviste indexate (peste 450) a fost colectivul coordonat de Ștefan Preitl și Radu Emil Precup. În prezent din colectiv fac parte Claudia-Adina Bojan-Dragoș, Mircea-Bogdan Rădac, Alexandra-Iulia Szedlak-Stînean, iar în timp, în acest colectiv s-au format ca cercetători Ștefan Solyom, Zsuzsa Preitl, Levente Kovacs, toți activând în prezent în străinătate.

Principalele teme de cercetare și rezultate științifice ale colectivului s-au referit la: I) Structuri de reglare avansate și tehnici de proiectare pentru regulatoare PID și cu două grade de libertate, finalizată prin elaborarea de noi metode de acordare a parametrilor reguletoarelor PID convenționale, fuzzy-PID și PID adaptive, sliding mode control cât și dezvoltarea de aplicații în energetică, mecatronică și automotive. II) Conducere fuzzy clasică și avansată concretizată prin dezvoltarea unor noi metode de analiză (stabilitate), dezvoltarea de noi structuri de regulatoare fuzzy convenționale, adaptive, cu predicție, optimale, metode de calcul/acordare a parametrilor acestora și dezvoltarea de aplicații în mecatronică și automotive. III) Îmbunătățirea iterativă a performanțelor sistemelor de reglare automată utilizând experimente realizată prin două abordări bazate pe funcții obiectiv de tip integral: Iterative Learning Control (ILC), aplicată pentru îmbunătățirea performanțelor sistemelor de conducere fuzzy, respectiv folosită inițial pentru elaborarea unei metodologii de proiectare și acordare a parametrilor reguletoarelor fuzzy, iar apoi pentru sintetizarea de noi scheme aplicabile reguletoarelor după stare și prezentarea de noi tehnici data-driven model-free de acordare a parametrilor reguletoarelor și a referinței cu aplicații în conducerea unor procese neliniare monovariabile și multivariabile. IV) Dezvoltarea unor metode de proiectare, acordare și acordare optimă a parametrilor reguletoarelor fuzzy cu dinamică. Metodele dezvoltate cuprind optimizări succesive, bazate într-o primă etapă pe funcții obiectiv care iau în considerare valorile ponderate ale funcțiilor de sensibilitate ale ieșirilor unor modele de sensibilitate în raport cu modificările parametrilor proceselor și obținerea de sisteme de conducere fuzzy cu sensibilitate parametrică redusă, iar într-o a doua etapă

pe utilizarea de algoritmi evolutivi de optimizare de tip: Gravitational Search Algorithm, Particle Swarm Optimization, Simulated Annealing, Charged System Search.

Dintre lucrările publicate și care se bucură de apreciere în literatură, asociate temelor de cercetare de mai sus, menționăm, fără a face prin aceasta o selecție valorică, următoarele: I) S. Preitl, R.E. Precup, *An extension of tuning relations after symmetrical optimum method for PI and PID controllers*, Automatica, vol. 35, no. 10, pp. 1731–1737, 1999; II) R.-E. Precup, R.-C. David, E. M. Petriu, St. Preitl, M.-B. Rădac, *Novel Adaptive Charged System Search Algorithm for Optimal Tuning of Fuzzy Controllers*, Expert Systems with Applications (Elsevier Science), vol. 41, no. 4, part 1, pp. 1168–1175, 2014; III) R.-E. Precup, St. Preitl, J. K. Tar, M. L. Tomescu, M. Takács, P. Korondi, P. Baranyi, *Fuzzy Control System, Performance Enhancement by Iterative Learning Control*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 55, no. 9, pp. 3461–3475, 2008; IV) R.-E. Precup, R.-C. David, E. M. Petriu, M.-B. Rădac, St. Preitl, J. Fodor, *Evolutionary optimization-based tuning of low-cost fuzzy controllers for servo systems*, Knowledge-Based Systems (Elsevier Science), vol. 38, pp. 74–84, 2013 (Highly Cited Paper according to Thomson Reuters Web of Science as of November/December 2015).

Un al doilea colectiv de cercetare în domeniul Automatică s-a constituit pe fondul unor preocupări anterioare privind automatizarea centralelor eoliene. Colectivul format din Octavian Prostean, Nicolae Budisan, Ioan Filip, Iosif Szeidert, Cristian Vasar, Dan Ungureanu, Andrea Robu, Radu Boraci a efectuat începând cu anul 1997 cercetări privind creșterea gradului de utilizare a resurselor de energie regenerabilă ca surse nepoluante de energie, conducând la reducerea emisiilor de dioxid de carbon și a poluării datorate utilizării resurselor neecologice (electrocentrale pe carbune/gaz/petrol), puternic poluante, în conformitate cu tendința globală de ecologizare a producției de energie.

Cercetările au fost susținute atât de către UPT cât și la nivel național și internațional prin granturi de finanțare. Cronologic, câteva dintre etapele de cercetare importante parcurse au fost marcate prin următoarele teme: I) Cercetări privind noi sisteme automate de conversie electromecanică a energiei, cu mașini de inducție, cu aplicație la agregatele aeroelectrice (2005–2006), II) Cercetări privind conducerea unor noi structuri de agregate aeroelectrice cu ax vertical, cu turbine nereglabile și generator sincron cu magneți permanenți (GSMP) (2007–2008), III) Improvement of the Structures and Efficiency of Small Horizontal Axis Wind Generators with Non-Regulated Blades (2009–2011), IV) Microgrid integrated small power renewable energy hybrid systems (2012–2016). Ultimele două teme au fost abordate prin colaborare cu colectivul condus de Nicolae Munteanu de la Facultatea de Electrotehnică și Electroenergetică a UPT.

Principalele rezultate originale ale cercetărilor menționate au fost: I) extinderea modalităților de utilizare și conducere a generatorului de inducție, cu implicații asupra realizării unei „decuplări” fizice reale a reglării turației și tensiunii; utilizarea unor convertoare de frecvență de putere mai simple în contextul elaborării unor metode și strategii de conducere a sistemului de conversie; II) elaborarea de structuri de reglarea a tensiunii GSMP, utilizarea unor convertoare electronice de putere optimizate și elaborarea unui sistem de conducere ce nu necesită utilizarea

on-line a modelelor matematice ale elementelor componente ale liniei de conversie, având o calitate dinamică comparabilă cu cea a sistemelor de conducere cu orientare după câmp; III) proiectarea și realizarea unui sistem energetic regenerabil bazat pe un generator eolian de 5 kW și un sistem de panouri fotovoltaice utilizat pentru iluminatul unei localități (sat Seusa, județul Alba – v. foto), respectiv a unor standuri de laborator pentru testarea generatoarelor eoliene și a strategiilor de conducere a acestora; IV) elaborarea unor structuri, topologii și configurații de micro-rețele, dezvoltarea unei strategii de conducere ierarhizată pe doua niveluri, cu nivelul inferior destinat gestionării puterii de ieșire a surselor regenerabile iar nivelul supervisor destinat managementului energetic corespunzător funcționării integrate a întregului microgrid și implementarea unui sistem SCADA în rețeaua microgrid.

În cel de-al treilea colectiv de cercetare, care a avut în timp o structură variabilă, au activat: Toma-Leonida Dragomir, Alexandru-Rene Trica, Constantin Voloșencu, Sorin Nanu, Dorina Popescu, Adrian Korodi, Alexandru Codrean, Flavius Petcut și Ana-Maria Dan. Colectivul a interacționat pe parcurs cu Ioan Silea, Lăcrămioara-Stoicu Tivadar, Dorina Petrică, Bogdan Groza, Dorin Berian din cadrul colectivului de informatică, precum și cu Gh. Daniel Andreescu antrenat în cooperări de durată cu colectivul de la Facultatea de electrotehnică condus de Ion Boldea. Orientarea colectivului a fost predominant spre dezvoltarea de modele matematice pentru diferite tipuri de procese, nu numai tehnice, și spre implementarea de soluții de conducere automată în energetică.

Principalele teme de cercetare, derulate prin finanțări de la firme, granturi de cercetare naționale și internaționale sau prin suport din partea UPT, și rezultatele obținute au fost: I) Dezvoltarea și realizarea în colaborare cu ICMR Reșița de reguloare de turaj/putere activă la hidrogenatoare de medie putere (1993–2001), finalizată cu implementare industrială în țară și străinătate, II) Dezvoltarea de modele matematice în domeniul biomedical, în principal de modele neliniare ale sistemului cardiovascular, soldate cu îmbunătățirea unor modele folosite în cercetări clinice (1996–2016), III) Stabilizarea vehiculelor pe pernă magnetică și a lagărelor cu levitație electromagnetică (1990–1999), prima subtemă finalizând cercetări anterioare anului 1990, IV) Dezvoltarea de modele interpolative pentru aplicații din domeniile centralelor geotermale, sistemului cardio-vascular și acționărilor electrice (1998–2006), V) Modelarea transportului de gaz metan prin conducte (2007–2010) cu suport din partea Transgaz Mediaș, VI) Cercetări privind comanda automată a injecției la motoare Diesel (2009–2014) cu suport din partea Continental Timișoara.

ȘCOALA DE AUTOMATICĂ DE LA CRAIOVA – CONTRIBUȚII SPECIALE

Fondatorul și creatorul școlii de automatică de la Craiova este prof. univ. dr. doc. *Constantin Belea* (1929–1985), titular și șef al Catedrei de Automatică a Facultății de Electrotehnică a Universității din Craiova între 1966–1985. Obținând în cadrul prestigioasei Academii Militare de Ingineri de Aviație „Jukovski” din Moscova titlul de doctor în științe tehnice (echivalat după legislația din 1965

cu *doctor docent în științe*), sub conducerea unor mari personalități din Automatică (A.A. Krasovski și G.S. Pospelov), cu o teză din domeniul Automaticii neliniare (pe atunci în faza de pionierat), profesorul Belea a activat la Craiova, unde a creat o școală și o catedră de Automatică, devenită ulterior (după 1990) facultate. Sub raport de contribuții științifice trebuie pornit de la cartea sa care reprezintă publicarea tezei de doctorat (obligatorie în URSS-ul acelor ani) – anume *Oscilații neliniare în sistemele de reglare automată*, apărută în URSS, în 1962. Elementele de pionierat din carte (cel puțin la nivelul României) se referă la utilizarea reprezentării de stare (absolut necesară în sisteme neliniare), care abia își făcea drum chiar în țările avansate și la rezultate cantitative într-o problemă de interes nu doar pentru Automatică ci și pentru Mecanică, Electrotehnică și Electronică – oscilațiile neliniare. Nivelul tehnicii de calcul de atunci a făcut ca metodologia să fie preponderent analitică și orientată spre clasa *sistemelor liniare pe porțiuni*. Este util de precizat că, în condițiile actuale, aceste sisteme sunt încă de interes în Automatică fiind înglobate în clasa sistemelor hibride. Pentru soluționarea algoritmică a problemelor de calcul din cercetarea sa, profesorul Belea a introdus o clasă de serii Fourier cu convergență accelerată (ce nu trebuie confundate cu transformarea Fourier rapidă apărută mai târziu și pentru alte scopuri) cu aplicații ce s-au dovedit că trec de domeniul inițial vizat de metodologie. Profesorul a utilizat aceste inovații ale sale în cercetările efectuate pe o altă direcție de cercetare a sa – sistemele optimale după criteriul *timpului minim* – sisteme liniare pe porțiuni și cu comutații. Metoda este deosebit de originală, deosebită de toate abordările din teoria sistemelor optimale și conține elemente de noutate care încă își mai așteaptă valorificarea în cercetările actuale. Ideile și rezultatele profesorului Belea sunt adunate în impunătoarea monografie, și ea cu caracter de pionierat în România acelor ani, *Automatica neliniară*, apărută în Editura Tehnică în 1983.

Ca și creator de școală, profesorul Belea a acționat în primul rând în calitate de conducător de doctorat, dreptul de conducere fiindu-i acordat atât în cadrul Universității din Craiova, cât și al Institutului de Energetică al Academiei, unde a condus un timp Laboratorul de Sisteme neliniare. Pentru școala de la Craiova este interesant faptul că tezele îndrumate între 1969–1980 au vizat domenii de vârf ale automaticii de atunci, domenii care au continuat să fie de interes și astăzi: sisteme cu întârziere și parametri distribuiți, sisteme discrete în timp, sisteme stochastice. Autorii acelor teze au devenit ei înșiși continuatori de școală, contribuind cu rezultate noi, apreciate și recunoscute la dezvoltarea cercetării în Automatică. În continuare ne referim numai la acele domenii și la acei cercetători care sunt legați de școala de automatică de la Craiova. Cronologic, prima teză din această categorie aparține lui Vladimir Răsvan (n. 1945), susținută în 1972 și referindu-se la *sistemele neliniare cu întârziere*. Cercetările lui Vladimir Răsvan sunt primele aprofundate inclusiv pentru cazul neliniar, venind, în România, după unele de pionierat din cadrul ICPE (locul rădăcinilor), cele ale lui Ioan Dumitrache la Politehnica din București și în continuarea rezultatelor fundamentale, dar pur matematice ale lui Aristide Halanay (1924–1997). În lucrările lui Vladimir Răsvan se obțin criterii de stabilitate pentru sisteme cu neliniarități sectoriale și întârzieri de timp, inclusiv în cazuri critice, extinzându-se binecunoscutele criterii ale lui Vasile Mihai Popov.

Ulterior, tot în lucrările sale a fost pusă în evidență o clasă specială de sisteme cu întârziere a căror origine se află într-o modificare a sistemelor cu parametri distribuiți cu propagare. Pe baza acestei corespondențe între două clase de sisteme Vladimir Răsvan a introdus conceptul de *validare augmentată a modelelor*, completând criteriile standard de validare cu existența mulțimilor invariante pentru variabile fizice de semn constant și stabilitatea inerentă a stărilor de echilibru. Noua clasă de sisteme își găsește aplicații în conducerea automată a sistemelor neliniare și cu parametri distribuiți descrise de legi de conservare, precum și în sincronizarea variilor sisteme fizice (unde automatică devine un excelent furnizor de metodologii). Rezultatele direct utilizabile ale acestei metodologii sunt reprezentate de noi legi de reglare cu reacție inversă, noi funcționale Liapunov și noi criterii de stabilitate a echilibrelor și traiectoriilor oscilatorii.

Tot dinspre parametrii distribuiți se deschide și cercetarea profesorului Mircea Ivănescu (n. 1943), cu o teză de doctorat din domeniul parametrilor distribuiți, susținută sub conducerea profesorului Belea în 1975. În continuare lucrările sale de cercetare cuprind o mare diversitate de studii și rezultate privind sistemele cu parametri distribuiți: comanda optimală bazată pe calcul variațional, programare dinamică și incrementală; stabilitatea unor clase de sisteme cu parametri distribuiți, inclusiv criterii frecvențiale tip Popov; aplicații ale sistemelor cu parametri distribuiți în industriile chimică, energetică, în hidraulică și mecanică. Orientându-se ulterior spre robotică și mecatronică, Mircea Ivănescu a întreprins și aici studii legate de parametrii distribuiți modelând cu ajutorul lor sistemele robotice tip tentacul-trompă. Modelul de bază a fost publicat în 1983 și este citat și astăzi ca lucrare de referință în studiul sistemelor robotice definite printr-un număr infinit de grade de libertate. Principalele contribuții se referă la conducerea energetică, optimală, aplicații ale criteriului cercului, observeri distribuiți, controllere inteligente bazate pe algoritmi fuzzy sau neuro-fuzzy.

O altă direcție de cercetare cu origine în zona tezelor de doctorat conduse de profesorul Belea este dată de sistemele cu evoluție în timp discret. În teza de doctorat a profesorului Constantin Marin, susținută sub conducerea profesorului Belea în 1977, sunt considerate probleme de optimalitate și filtrare pentru sisteme discrete stochastice, elementul definitiv fiind aici așa numitele criterii de optim cu memorie finită. Rezultatul definitiv îl constituie în această abordare corecția divergenței filtrelor Kalman (în anumite condiții specifice). Ulterior cercetările profesorului Marin au atins tematici din zona conducerii inteligente (fuzzy și neuro-fuzzy) precum și a aplicațiilor din domenii adiacente ingineriei (de exemplu dinamica economică) unde sunt din nou prezente modelele neliniare.

În prezent, școala de Automatică de la Craiova își menține specificul și particularitatea prin generațiile ulterioare de cadre didactice, unii deja la maturitate academică deplină. Prin tezele de doctorat susținute sub conducerea profesorilor Ivănescu, Marin, Răsvan (în total circa 60 de teze), dar și prin cercetări și dezvoltări ulterioare a căror filiație cu tematicile deja evocate este destul de evidentă, au fost aduse contribuții importante, remarcate pe plan național și internațional în domeniile: robustețea și fragilitatea reguletoarelor, sisteme hibride și cu întârzieri în comandă (prof. Dan Popescu); conducerea proceselor chimice, energetice, dar mai ales

biotehnologice (începută de prof. Matei Vinătoru și continuată la un nivel superior, în pas cu cerințele la nivel internațional de prof. Emil Petre și prof. Dan Selișteanu). Pe aceste direcții se înscriu cercetările unei noi generații de valoroși și promițători universitari craioveni din Automatică: Daniela Danciu, Monica Roman, Dorin Șendrescu.

Unele dintre cele mai importante realizări ale colectivului de automatică din Craiova sunt prezentate în Anexa IV.

CONTRIBUȚII ÎN CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ DIN DOMENIUL AUTOMATICĂ LA UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI

Pâna în anul 1990, la Institutul Politehnic Galați și, din 1974, la Universitatea din Galați (azi Universitatea „Dunărea de Jos”), disciplinele de automatică, existente încă din anii '60, au fost orientate predominant spre domeniile ingineresti unice la nivel național, care intrau în structura universității gălățene. Primul titular al unei asemenea discipline a fost prof. Severin Bumbaru, care – ulterior – s-a orientat spre domeniul Informaticii. Dintre specializările ingineresti care au beneficiat de cursuri de Automatică dedicate, predate în semestrele terminale, se pot menționa: disciplinele de Automatizări Navale pentru grupa de aprofundare Echipamente de bord, susținute de prof. Emil Ceangă; Automatizări în industria alimentară – susținută de prof. S. Bumbaru; Automatizarea instalațiilor frigorifice, susținută de cei doi profesori menționați. În anul 1990 s-a înființat Facultatea de Nave și Inginerie Electrică, în cadrul căreia s-au regăsit, succesiv, specializările de Automatică (Ingineria sistemelor), Calculatoare și tehnologia informației, Electronica aplicată, Telecomunicații etc. În 2002 aceste specializări au fost incluse în cadrul Facultății de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, care în prezent se numește Facultatea de Automatică, Calculatoare, Inginerie Electrică și Electronică.

Încă din anii '60, activitatea științifică a avut în vedere atât cercetarea de frontieră, cât și pe cea aplicativă, inclusiv prin participări contractuale la programele naționale de cercetare. Începând din 1965 s-au inițiat cercetări privind sistemele instruibile de tip „pattern recognition”, vizând utilizarea acestora în conducerea automată, iar în 1969 Emil Ceangă a susținut teza de doctorat în acest domeniu. După ce, în anul 1978, prof. E. Ceangă a obținut conducerea de doctorat în Automatică, au fost elaborate teze din domeniul controlului inteligent de către: L. Frangu, D. Aiordăchioaie, Gh. Pușcașu, care ulterior au devenit Profesori în cadrul facultății. În anii '80, prof. S. Bumbaru a realizat un sistem expert eficient pentru diagnoză în ihtiopatologie și ulterior a condus teza de doctorat realizată de S. Caraman privind conducerea prin sisteme expert a bioreactoarelor. O pondere importantă a cercetărilor doctorale conduse de prof. E. Ceangă a avut-o modelarea, identificarea și conducerea a unor procese variate, cum sunt cele din domeniile Naval (V. Vasiliu), Tehnica sudării (C. Miholcă), Acvacultură (G. Fetecău), Biotehnologie (M. Barbu), Sisteme eoliene (C. Nichita), toți autorii menționați ai tezelor devenind ulterior Profesori în cadrul facultății sau în mediul universitar

din străinătate (C. Nichita), majoritatea din ei fiind conducători de doctorat. Experiența obținută de colectivul de automatică în modelarea și conducerea proceselor a permis organizarea, începând din anul 1978, a Simpozionului de Modelare, Simulare și Identificare a Sistemelor (SIMSIS), care s-a derulat cu periodicitate de doi ani, până în anul 2010, când s-a reunit cu conferințele SACCS, SINTES și CONTI, organizate de facultățile de profil din Iași, Craiova și, respectiv, Timișoara, pentru a forma Conferința internațională ICSTCC, ajunsă în 2018 la ediția 22: ICSTCC 18 (SIMSIS 22, SINTES 22, SACS 18, CONTI 11). În prezent, colectivul de la Galați are 4 conducători de doctorat titulari în Ingineria sistemelor: V. Mînză, S. Caraman, A. Filipescu și M. Barbu.

Contribuțiile în cercetarea științifică ale colectivului, menționate în cele ce urmează, au fost selectate având în vedere: nivelul de diseminare conform bazelor de date recunoscute (Scopus și ISI Thomson) și influența efectivă în realizările ingineresti din domeniu, diseminate sau adoptate și utilizate la nivel internațional. Criteriul care a stat la baza selecției rezultatelor cu caracter aplicativ la nivel național a fost nivelul tehnico-științific, ponderat cu impactul economic al rezultatelor respective.

1. Contribuții în cercetarea fundamentală, obținute înainte de anii '70.

Obținerea unei noi variante de sistem instruibil cu structura unui perceptron, care utilizează funcții potențiale pentru realizarea elementelor asociative. Principiul acestui sistem, împreună cu rezultatele de validare pe calculator, au fost publicate într-o revistă a Academiei URSS cu mare impact în anii '60, cu apariție simultană în limba engleză, în SUA: *Avtomaika i Telemehanica (Automatic and Remote Control – aceasta fiind editată de Springer)*. Varianta de sistem instruibil propusă, destinată calculatoarelor universale, coincide cu structura de bază a unei rețele neuronale RBF, apărută cu circa 10 ani mai târziu, în urma progreselor din domeniul microtehnologiei electronice. Titlul lucrării (în limba engleză): „*Concerning certain algorithms of learning Φ -machines with using potential functions*”, apărută în nr. 11 din 1969, autor E. Ceangă (lucrarea a fost transmisă redacției în 1968).

2. Rezultate privind modelarea și conducerea sistemelor de conversie a energiei eoliene.

Modelarea matematică a turbulenței de punct fix în modelul de tip von Karman. În acest caz, filtrul de formare al seriei de timp este un sistem de ordin neîntreg ($5/6$), iar în lucrarea propusă acesta se înlocuiește cu un filtru cu funcție de transfer rațională. Rezultatul, utilizat acum în mod curent în aproape toate lucrările de specialitate, a fost publicat în jurnalul *IEEE Transactions on Energy Conversion*, Vol. 17, No. 4, 2002 (în colaborare cu cercetători francezi). Lucrarea menționată are în prezent circa 230 citări în Scopus. Ulterior, s-a modelat prin funcții de transfer raționale turbulența de tip Kaimal și s-a propus un filtru de formare pentru generarea turbulenței rotaționale cu eșantionare, lucrările respective fiind publicate în jurnalele *Renewable Energy* și *Applied Energy* (în colaborare cu cercetători canadieni, respectiv cu A. Burlibașa).

a. **Elaborarea principiului „separării în frecvență” la conceperea structurilor de control optime pentru sistemele eoliene.** Principalul rezultat în acest domeniu a fost publicat în jurnalul *Control Engineering Practice* Vol. 13, 2005, No. 7, lucrarea respectivă având peste 130 citări în Scopus. În urma publicării menționate

și a unei lucrări la The 12th IFAC Workshop on Control Applications of Optimisation (Visegrad, Hungary), colectivul de autori (I. Munteanu, A. Bratcu, N. Cutululis și E. Ceangă) a primit propunerea din partea editurii Springer pentru a scrie o monografie în domeniul controlului optimal al sistemelor eoliene. Monografia cu titlul „*Optimal Control of Wind Energy Systems. Towards a Global Approach*” a apărut în 2008.

Stabilirea unei structuri hardware și software de realizare a simulatoarelor (emulatoarelor) electromecanice de turbine eoliene. După publicarea în jurnalul *Wind Engineering*, în anii 1999 și 2000 (în colaborare cu cercetători din Franța), a rezultatelor cercetării, literatura de specialitate a reflectat faptul că, *la nivel internațional*, conceperea simulatoarelor electromecanice de turbine eoliene s-a realizat *sistematic* conform structurii propuse (de tip Hardware-In-the-Loop). Suportul teoretic elaborat a permis evaluarea erorilor de reproducere a caracteristicilor statice și dinamice emulate la axul simulatorului, ceea ce este esențial pentru un echipament destinat cercetării științifice.

3. Contribuții cu caracter aplicativ la nivel național în domeniul energetic.

a. Modelarea, simularea și acordarea optimală a buclor de reglare ale cazanului de 1035 t/h de la CET Rovinari, prin participarea la un program de cercetare din Planul de Stat coordonat de ICEMENERG în perioada 1971–1978, care a vizat realizarea în țară a buclor de reglare aferente grupului de 330 MW. În acest cadru s-a realizat modelarea ca sistem dinamic cu parametri concentrați și cu parametri distribuiți a cazanului de 1035 t/h și s-au determinat parametrii reguletoarelor ținând cont de interacțiunile dintre bucle. Dincolo de aplicarea practică, rezultatele obținute au fost prezentate în cadrul Sesiunilor Comisiei de Automatizare a Academiei.

b. Realizarea în perioada 1987–1988 a unui sistem de conducere cu calculatoare de proces SPOT 83 a cazanelor energetice de 420 t/h de la CET-Sidex Galați, care funcționa cu combustibil mixt: gaz metan, păcură, gaz de furnal, gaz de cocs (autori: E. Ceangă, V. Mânzu, V. Dugan, C. Bojneag). Sistemul dat în funcțiune la CET-Sidex Galați era ierarhizat pe 3 niveluri: conducerea numerică a buclor de bază ale cazanului, utilizând un regulator numeric original și brevetat (nivelul 1); optimizarea sistemului pe criteriul arderii combustibililor prioritari cu variație aleatoare a debitului (nivelul 2); monitorizarea și diagnoza (nivelul 3).

4. Contribuții în domeniul sistemelor cu evenimente discrete.

Modelarea și conducerea proceselor de asamblare – dezasamblare prin tratarea acestora ca sisteme cu evenimente discrete. Conducerea acestei linii de cercetare, ca și a domeniului optimizărilor discrete, a aparținut și aparține prof. Viorel Mânzu. Acesta a obținut un doctorat în Franța în domeniul menționat, pe filiera Informatică, și un doctorat în Automatică, pe filiera de Control. prof. V. Mânzu a făcut parte din prima serie de cercetători din România, care a promovat direcția de cercetare în sisteme cu evenimente discrete. În domeniul sistemelor cu evenimente discrete a participat cu contribuții, inclusiv la cercetarea doctorală, conf. Daniela Cernega. Totalul citărilor din Scopus pentru lucrările publicate în domeniul menționat este de circa 80.

5. Contribuții în domeniul roboților mobili.

Conducerea roboților mobili este o linie de cercetare în care rezultate importante au obținut prof. Adrian Filipescu și, în ultimii 10 ani, dr. ing. Răzvan Șolea. S-a utilizat

conducerea inteligentă și distribuită de sisteme autonome complexe, platforme robotice mobile echipate cu manipolatoare, integrate în tehnologii noi de asistare personală medico-socială și deservire de linii de fabricație flexibilă de precizie: 1) Scaun inteligent, pentru persoane cu dizabilități severe, tehnologia de asistare și navigație fiind de tip video-biometric; 2) Asistent Robotic Personal, tehnologia de asistare vizând persoanele vârstnice și cu dizabilități, în spital sau acasă; 3) Vehicul autonom multidirecțional, cu tehnologie de asistare capabilă de: transport, tractare targă medicală, extra/intra spital și salvare pe teren accidentat. La toate aceste sisteme autonome, structura de conducere și navigație este bazată pe tehnici de conducere avansată, ultrasunete, laser și sisteme servoing vizuale pentru ocolire obstacole, localizare și manipulare. Totalul cumulativ al citărilor în Scopus pentru lucrările din domeniul conducerii roboților mobili este de circa 230.

6. Contribuții în domeniul conducerii bioproceselor.

Inițiată la începutul anilor '80 de prof. Severin Bumbaru și prof. Emil Ceangă, prin colaborări cu ICA București privind conducerea bioreactoarelor pentru producerea alfa-amilazei și proteazei bacteriene, această direcție de cercetare este susținută în prezent de prof. Sergiu Caraman și prof. Marian Barbu, care au importante colaborări externe cu cercetători din Franța, Spania, Belgia și Olanda, inclusiv prin conducerea de teze de doctorat în cotutelă. Rezultatele obținute de aceștia se referă la modelarea matematică și noi soluții de control pentru două categorii de procese: a) epurarea biologică a apelor uzate, inclusiv în sistemele recirculante de acvacultură, și b) bioreactoare, îndeosebi fotobioreactoare. Rezultatele obținute au permis publicarea de articole în reviste precum *Water Research*, *Chemical Engineering Journal*, *AIChE Journal*, *Journal of Cleaner Production*. În cadrul unui grant condus de prof. Sergiu Caraman s-a realizat recent un fotobioreactor la nivelul celor mai performante echipamente de cercetare de acest tip, existente în străinătate. Totalul cumulativ al citărilor din Scopus pe lucrările publicate în acest domeniu este de circa 150.

ȘCOALA DE AUTOMATICĂ DE LA UNIVERSITATEA PETROL–GAZE DIN PLOIEȘTI. CONTRIBUȚII SPECIALE

La Institutul de Petrol, Gaze și Geologie din București (înființat în anul 1948) s-au predat cursuri de automatică și automatizări începând cu anul 1959, când a fost înființat colectivul Automatizarea proceselor, inclus în Catedra Calculul și Construcția Utilajului Petrolier.

În anul 1961 se formează Catedra Automatică și Electronică, primul șef al acestei catedre fiind prof. dr. ing. Nicolae Racoveanu, care, din anul 1967, a condus și doctorate în domeniul *Automatizarea instalațiilor petroliere*.

Mutarea Institutului la Ploiești, începută în anul 1967 și finalizată în anul 1975, a impulsat consolidarea școlii de automatică, motivată printre altele de puternica infrastructură industrială și de cercetare concentrată aici. Institutele de proiectare și cercetare, uzinele producătoare de utilaj petrolier și chimic, rafinăriile și schelele de extracție solicitau ingineri care să dețină competențe și în domeniul automatizărilor.

O contribuție esențială la afirmarea a ceea ce astăzi a devenit cunoscută drept *Școala de automatică de la Ploiești* au avut-o profesorii Stelian Dumitrescu, Vasile Marinoiu (1937–2004) și Ioan Dumitrescu (1931–2007). Toți trei au fost, în diferite etape, până în anul 2002, șefi ai catedrelor care au inclus puternice colective de automatică. În perioada 2002–2011, Catedra Automatică și Calculatoare a fost condusă de prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv.

În anul 2011 a fost format, prin reorganizare, în cadrul Facultății Inginerie Mecanică și Electrică a Universității Petrol–Gaze din Ploiești, Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică, care a fost condus succesiv de prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv, conf. dr. ing. Gabriel Rădulescu, în prezent (2018) director al departamentului fiind prof. dr. ing. Cristian Pătrășcioiu.

Istoria de 60 de ani a învățământului în domeniul automatizării este numai unul dintre argumentele care susțin existența unei școli de automatică în cadrul Universității Petrol–Gaze din Ploiești.

Un alt argument este reprezentat de contribuția cadrelor didactice din domeniul automatizării și automatizărilor, care au activat sau activează în Universitatea (Institutul) Petrol–Gaze din Ploiești la dezvoltarea cunoașterii.

O primă contribuție și recunoaștere constă în cele aproape 90 de teze de doctorat în domeniu conduse de profesorii: Nicolae Racoveanu, Stelian Dumitrescu, Ioan Dumitrescu, Vasile Marinoiu, Nicolae Paraschiv, Mihaela Oprea. În prezent la Școala doctorală a Universității Petrol–Gaze din Ploiești sunt afiliați următorii conducători de doctorat pentru domeniul *Ingineria sistemelor*: prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv, prof. dr. ing. Mihaela Oprea, prof. dr. ing. Cristian Pătrășcioiu, prof. dr. ing. Gabriel Rădulescu, prof. dr. ing. Luminița Duță.

O a doua contribuție la dezvoltarea cunoașterii în domeniu este reprezentată de opera științifică a cadrelor didactice, incluzând aici cărți, articole, contracte de cercetare. O lucrare relevantă este *Aplicații inginerești ale calculatoarelor*, apărută în anul 1977. Un domeniu în care școala de automatică de la Ploiești deține, prin profesorul Vasile Marinoiu prioritate națională este cel al armăturilor utilizate ca elemente de execuție în cadrul sistemelor automate. În perioada 1979–2001 profesorul Marinoiu a publicat în mai multe ediții lucrarea *Robinete de reglare*, utilizată atât de proiectanți, cât și în calitate de suport didactic. Alte lucrări cu impact în domeniu au fost: *Automatizarea proceselor chimice* – autori Vasile Marinoiu și Nicolae Paraschiv, *Automatizarea proceselor de foraj extracție* – autor Vasile Cîrtoaje, *Sisteme bazate pe cunoștințe și Inteligență artificială (Elemente teoretice și aplicative)* – autor Mihaela Oprea, *Teoria sistemelor automate* – autor Vasile Cîrtoaje, *Sisteme distribuite de supervizare și control* – autor Nicolae Paraschiv.

Este de subliniat faptul că monografia *Automatica*, lucrare monumentală coordonată de acad. Ioan Dumitrache și apărută în Editura Academiei Române conține și contribuții ale profesorilor Nicolae Paraschiv și Cristian Pătrășcioiu de la Universitatea Petrol–Gaze (UPG) din Ploiești.

Profesori de la UPG din Ploiești, conducători de doctorat în domeniul *Ingineria sistemelor*, au fost solicitați pentru lucrări sau capitole de lucrări apărute în edituri internaționale. De dată mai recentă considerăm ca fiind semnificative: *Computational Intelligence Techniques for Chemical Process Control* – capitol

coordonat de prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv în volumul *Computational Intelligence in Control Systems Engineering* – Springer Verlag Berlin (2014), *Control Through Genetic Algorithms*, capitol coordonat de prof. dr. ing. Nicolae Paraschiv și *Knowledge – Based Intelligent Process Control*, capitol coordonat de prof. dr. ing. Oprea Mihaela, ambele în volumul *New Approaches in Intelligent Control* – Springer Verlag Berlin (2016).

În ceea ce privește articolele, a existat o permanentă preocupare pentru diseminarea rezultatelor cercetărilor în articole, marea majoritate în publicații cotate ISI sau indexate în BDI. Astfel, în perioada 2007–2017 au fost publicate 139 lucrări în reviste cotate ISI și 158 în reviste și volume indexate în BDI.

În ceea ce privește activitatea de cercetare, în Catedra Automatică și Calculatoare, ulterior în Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică a funcționat Centrul de cercetări *Automatizarea avansată a proceselor chimice* (din anul 2014 Centrul de *Cercetări avansate în automatizări calculatoare și electronică*). Primul director al Centrului a fost prof. dr. ing Vasile Marinioiu, în prezent acesta fiind condus de prof. dr. ing Cristian Pătrășcioiu.

Cu titlu de exemplu, în perioada 2004–2017 cadrele didactice din Catedra Automatică și Calculatoare, ulterior Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică au realizat un număr de 60 de contracte de cercetare încheiate direct cu mediul economic sau în cadrul unor proiecte declarate câștigătoare în competiții naționale și internaționale.

Multe dintre aceste contracte (până în anul 2000) au fost finalizate cu teze de doctorat, cum ar fi cele conduse de prof. dr. ing. Stelian Dumitrescu (*Automatizarea procesului de avans al sapei de foraj* – autor ing. Vasile Cîrtoaje; *Echipamente și programe de conducere optimală a proceselor de fracționare a produselor petroliere* – autor ing. Nicolae Paraschiv; *Optimizarea arderii combustibilului în cuptoare tubulare* – autor ing. Cristian Pătrășcioiu și prof. dr. ing Vasile Marinioiu *Contribuții la dezvoltarea robinetelor de reglare în contextul cerințelor energetice actuale* – autor ing. Nicolae Costoiaie.

Un număr important de cadre didactice din Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică au desfășurat stagii de cercetare (inclusiv în cadrul perioadei de pregătire a doctoratului) la institute sau universități din Europa. Între acestea prof. dr. ing Gabriel Rădulescu a fost cercetător, în perioada 2004–2006. la *Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems* din Magdeburg (Germania), iar prof. dr. ing Mihaela Oprea a efectuat în anul 1995 un stagiul de cercetare University of Manchester Marea Britanie.

Un argument deosebit de important, care confirmă existența și dezvoltarea unei școli de automatică la UPG din Ploiești, este cel didactic. În anul 1991 a fost înființată și ulterior acreditată la Facultatea de Inginerie Mecanică și Electrică, în cadrul domeniului Ingineria sistemelor, specializarea de licență Automatică și Informatică Industrială, devenită ulterior Automatică și Informatică Aplicată. Între anii 1996 și 2017 au obținut diploma de inginer un număr de 800 de absolvenți ai celor două specializări. Din anul 2005, în cadrul domeniului Ingineria sistemelor a fost înființată și ulterior acreditată specializarea de masterat Automatizări avansate, la care până în anul 2017 au primit diploma de master un număr de 241 absolvenți. Sintetizând, la Universitatea Petrol–Gaze din Ploiești sunt implementate pentru

domeniul Ingineria sistemelor toate nivelurile reglementate prin procesul Bologna, respectiv Licență, Masterat, Doctorat.

În ceea ce privește corpul didactic, în cadrul departamentului Automatică, Calculatoare și Electronică sunt nouă absolvenți ai Universității Politehnica din București (între care patru absolvenți ai Facultății Automatică și Calculatoare) și opt absolvenți ai Universității Petrol–Gaze din Ploiești – Specializările Automatică și Informatică Industrială, respectiv Automatică și Informatică Aplicată). De asemenea, dintre absolvenții celor două specializări 11 au obținut titlul de doctor, unul de profesor universitar și 4 de conferențiar universitar.

Mai multe cadre didactice din departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică au fost invitate pentru diverse tipuri de activități didactice (predare cursuri, seminarii, tutoriale etc.) la universități din străinătate. Între acestea, două cadre didactice au avut calitatea de profesor invitat după cum urmează: prof. univ. dr. ing Nicolae Paraschiv, perioada 2006–2012, la Clausthal University of Technology (Germania) și conf. dr. ing. Adrian Moise, perioada 2001–2003, la Boise State University (Statele Unite ale Americii).

Prestanța și valoarea colectivului de cadre didactice din Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică a fost consolidată și prin apartenența la corpul academic al Universității Petrol–Gaze din Ploiești a celor patru eminente personalități din domeniile automatice și informatice cărora li s-au acordat titlul de Doctor Honoris Causa și anume: prof. dr. ing. Hans Dieter Gilles de la *University of Stuttgart* și *Max Planck Institute for Dynamics of Complex Technical Systems* din Magdeburg (Germania), acad. prof. dr. ing. Ion Dumitrache de la Universitatea „Politehnica” din București (Facultatea Automatică și Calculatoare), acad. prof. dr. ing. Florin Gheorghe Filip de la Academia Română, prof. dr. ing. Mircea Stelian Petrescu de la Universitatea „Politehnica” din București (Facultatea Automatică și Calculatoare),

Pentru creșterea vizibilității și pentru schimbul de bune practici, în colectivul de cadre didactice al Departamentului Automatică, Calculatoare și Automatică a existat și există preocuparea de participare la manifestări științifice și pentru organizarea unor astfel de manifestări. Cele șase ediții ale Symposium on Process Control cu participare internațională, organizate în perioada 1997–2009 sunt un argument în acest sens.

În același context, Universitatea Petrol–Gaze din Ploiești este membră fondatoare a Societății Române de Automatică și Informatică Tehnică (SRAIT), iar prof. dr. ing. Vasile Marinoiu a fost membru al colectivului de redacție al revistei Control Engineering and Applied Informatics editată de SRAIT.

*
* *

Școala românească de automatică a pregătit în cei peste 50 de ani de existență peste 15 000 ingineri care au contribuit la dezvoltarea economiei, la creșterea calității vieții cetățenilor, la dezvoltarea societății moderne.

O parte dintre reprezentanții acestei comunități a ales să-și desfășoare activitatea în alte țări ca: Suedia, Finlanda, Franța, Germania, Italia, Belgia, Spania,

SUA, Canada ș.a., unde și-au probat cu succes competențele și nivelul înalt de pregătire profesională obținut în cadrul universităților tehnice din România. Cea mai mare parte a acestor „ambasadori” ai automaticii în lume au devenit profesori universitari, coordonatori de programe complexe de cercetare, cercetători cu înaltă recunoaștere internațională.

În cadrul acestui material am selectat câteva **personalități ale domeniului Automaticii** care s-au remarcat, prin contribuțiile lor, la dezvoltarea cunoașterii, la promovarea științei sistemelor și la implementarea unor soluții originale de automatizare.

Prof. dr. ing. Petre Stoica, membru de onoare al Academiei Române, a absolvit Facultatea de Automatică din București, cadru didactic în cadrul facultății până în anul 1993, când a obținut o poziție academică în cadrul Universității din Uppsala. Rezultatele deosebite obținute în domeniul identificării sistemelor, în domeniul prelucrării semnalelor îl situează printre cei mai citați cercetători în domeniu.

Prof. dr. ing. Ion Tăbuș, absolvent al Facultății de Automatică și Calculatoare din București, a desfășurat activități didactice în cadrul Departamentului de Automatică și Ingineria Sistemelor până în anul 1998, iar din anul 1999 este angajat al Universității din Tampere, actualmente profesor universitar cu rezultate remarcabile în domeniul prelucrării semnalelor, în domeniul bioinformaticii și nu în ultimul rând în domeniul modelării proceselor.

Prof. dr. ing. Silviu Niculescu, absolvent al Facultății de Automatică și Calculatoare din București, în anul 1992; obține rezultate remarcabile ca profesor și cercetător la Institutul Politehnic din Grenoble și în Laboratorul de semnale și sisteme Gif-sur-Yvette în domeniul sistemelor cu întârziere. Are o recunoaștere deosebită în comunitatea științifică pentru contribuțiile teoretice aduse în acest domeniu. A publicat peste 500 lucrări în jurnale, volumele unor conferințe internaționale și capitole de cărți. Este Research Director la CNRS.

Prof. dr. ing. Clara Ionescu, absolvent în anul 2003, specializarea de Automatică și Informatică din Galați. A obținut titlul de doctor în 2009 la Universitatea din Gent. Într-un timp relativ scurt a obținut poziția de profesor universitar fiind remarcată pentru activitatea științifică consistentă în domeniul modelării și conducerii sistemelor pozitive.

Prof. dr. ing. Sergiu Dascălu, absolvent al Facultății de Automatică din București; în prezent este profesor în Departamentul de Știința Calculatoarelor și Inginerie, la University of Nevada – Reno.

Prof. dr. ing. Adrian Sandu, absolvent al Facultății de Automatică și Calculatoare din București în 1989. În prezent este profesor la departamentul de știința calculatoarelor la Universitatea Tehnică din Virginia.

Prof. dr. ing. Călin Belța, <https://scholar.google.com/citations?user=72yPqG4AAAAJ&hl=en>

Este profesor universitar la Boston University, Department of Electrical and Computer Engineering, Director al Laboratorului de Robotică, USA. Predă cursul de Hybrid Systems. Domenii de interes în cercetare: Control, Formal Methods, Robotics, Systems Biology.

Prof. dr. ing. Ioan Cristian Trelea, https://www.researchgate.net/profile/Ioan_Trelea.

Este profesor universitar la Agro Paris Tech, Food process engineering and microbiology laboratory, la Grignon, Franța. Predă cursurile de Dynamic systems, automatic control, modelling, process and bio-process engineering. Domenii de interes în cercetare: Dynamic modelling, optimisation and control of food and bio-processes.

Prof. dr. ing. Lăcră Pavel, <http://www.control.toronto.edu/~pavel/>

Este profesor universitar la University of Toronto, Department of Electrical and Computer Engineering, Canada. Predă cursurile de Nonlinear Control Systems, Game Theory and Evolutionary Games. Domenii de interes în cercetare: Game Theory and Decision Theory.

Prof. dr. ing. Mircea Lazăr, <https://scholar.google.com/citations?user=dp8YPXcAAAAJ>

Este profesor universitar asociat la Eindhoven University of Technology, Department of Electrical Engineering, Section Control Systems, Olanda. Predă cursurile de Control, Systems Model predictive control. Domenii de interes în cercetare: Stability theory, Dynamic networks, Model predictive control, Hybrid systems.

Prof. dr. ing. Cristian Mahulea, <https://scholar.google.ro/citations?user=nsg1w-UAAAAJ&hl=ro&oi=ao>

Este profesor asociat la University of Zaragoza, Department of Computer Science and Systems Engineering, Spania. Predă cursurile de Ingineria controlului și Evaluarea și controlul sistemelor de producție. Domenii de interes în cercetare: Path planning and motion control of mobile robots and Healthcare systems management.

REALIZĂRI TEHNICE CU IMPACT SOCIOECONOMIC

Automatica, ca domeniu al științei sistemelor, furnizează concepte, metodologii, proceduri pentru analiza și sinteza sistemelor de conducere automată, iar automatizarea asigură mijloacele, soluțiile tehnologice pentru implementarea strategiilor și algoritmilor de reglare și conducere în timp real a proceselor.

Automatica – automatizarea reprezintă un exemplu tipic de înlănțuire logică a celor 4 activități esențiale ale inginerului: **concepse – proiectează – realizează – implementează soluții.**

În acest context, pe lângă rezultatele teoretice remarcabile obținute de specialiști din domeniul automatizării atât în cadrul departamentelor de automatizări și ingineria sistemelor din centrele universitare din București, Craiova, Timișoara, Cluj-Napoca, Iași, Galați ș.a., cât și în institutele de cercetare-dezvoltare ca: Institutul de Proiectări și Automatizări (IPA), Institutul Central de Informatică (ICI), Institutul de Cercetări și Proiectări în Electrotehnică (ICPE) ș.a. sunt de remarcat realizările deosebite de echipamente și soluții de automatizare concepute și realizate atât în cadrul programelor de cercetare-dezvoltare ale universităților și institutelor de cercetare cât și în cadrul întreprinderilor industriale de profil.

De remarcat strânsa colaborare între institutele de cercetare-proiectare-dezvoltare și catedrele de specialitate din universități, fiind create colective mixte de cercetare-proiectare sau filiale ale institutelor de cercetare în universități.

Ținând seama de dezvoltarea extensivă ale principalelor sectoare industriale – construcția de mașini, energetică, electrotehnică, industria chimică, industria cimentului,

industria ușoară, industria minieră, agricultura cerințele pentru echipamente și soluții de automatizare au explodat în perioada 1960–1970, perioadă în care au fost înființate sau/și consolidate noi institute de cercetare–dezvoltare și întreprinderi industriale. Se remarcă în mod deosebit extinderea IPA prin crearea de filiale în principalele orașe industriale (Timișoara, Craiova, Cluj-Napoca, Iași, Sibiu, Galați, Constanța ș.a.).

Au fost create colective de cercetare–dezvoltare pentru automatizări la ICPE, ISPE, ICEMENERG, IPROCHEM, ICSIT–TITAN, ICPMUA, IPROLAM, etc.

De menționat că începând cu anii 1960 se creează și se dezvoltă sectorul industrial pentru echipamente și tehnologii pentru automatizări (I.S. Automatica Electrotehnica, Fabrica de echipamente de automatizări (FEA), Electroaparataj, Fabrica de echipamente pneumatice (FEPA-Bârlad), Electromagnetica, ș.a.). Toate aceste instituții și întreprinderi în strânsă colaborare cu întreprinderile prelucrătoare de componente și dispozitive electronice, electrice, pneumatice și hidraulice au asigurat suportul necesar automatizării proceselor tehnologice, practic, în toate sectoarele economiei naționale. Cele mai multe soluții de automatizare implementate, atât ca echipamente cât și ca tehnologii în economie până în anul 1989 poartă amprenta specialiștilor români.

În cele ce urmează se prezintă sintetic principalele realizări de echipamente și sisteme de automatizare datorate specialiștilor formați în universitățile românești.

Institutul de Proiectare pentru Automatizări a fost înființat în 1960 sub denumirea de IPA-EIA, incluzând și colective de cercetare venite de la ICPE.

În perioada 1960–1965 sunt proiectate primele aplicații de instalații de automatizare având la bază scheme cu relee, contactoare și amplificatoare magnetice. Se dezvoltă Sistemul UNILOG cu tranzistoare cu germaniu care ulterior a fost introdus în fabricație la FEA din anul 1965. Se continuă cercetările pentru crearea și dezvoltarea de noi echipamente pentru mașini–unelte, sistemul electronic de comutație statică USILOG și se prelucrează documentația pentru licența HOKUSHIN pentru sistemul unificat de elemente de automatizare cu tranzistoare fabricat la FEA. Astfel, România se situează printre primele țări care au un sistem unificat de echipamente electronice de automatizare. Acest rezultat a permis dezvoltarea unor soluții de automatizare integrate cu echipamente românești, exportate în Egipt, RDG, China, URSS și în țară la fabrica de acid sulfuric CIC-Tr. Măgurele, Uzina de preparare minereuri de fier Teliuc, fabrici de ciment, câmpuri de sonde, automatizarea de centrale termoelectrice ș.a.

În anii 1971–1975 se concepe și se dezvoltă sistemul electronic de reglare unificat cu circuite integrate liniare SEROM fabricat la FEA, având la bază concepția și tehnologia specialiștilor din România, se asimilează la IEPAM-Bârlad, sistemul de echipamente pneumatice de automatizare după licența KENT-EGHC. De menționat contribuția prof. dr. ing. Simion Florea, prof. dr. ing. Ioan Dumitrache, prof. dr. ing. Costică Nițu, prof. dr. ing. A.M. Stănescu ș.a. la asimilarea și introducerea în fabricație a acestor echipamente de automatizare. Au fost realizate primele echipamente NUMEROM pentru comanda numerică a mașinilor, primele regulatoare electrohidraulice pentru turbine hidro mari. Folosind aceste echipamente de automatizare au fost concepute și proiectate soluții de automatizare complexă pentru principalele

platforme industriale din țară și pentru export (Combinatul Chimic Brazi, Combinatul Chimic din Râmnicu Vâlcea, Combinatul de îngrășăminte Slobozia, Târgu Mureș, Arad, Craiova, Centralele electrice Rovinari și Turceni). Au fost exportate soluții de automatizare în Egipt, Iran, Turcia, RDG, URSS, Pakistan.

Ținând pasul cu evoluția tehnologiei circuitelor integrate, a microprocesoarelor și a tehnicii de calcul, specialiștii în automatizarea proceselor se adaptează rapid și se trece la utilizarea acestora pentru conducerea numerică a proceselor. Se dezvoltă seria de echipamente ECAROM-800 și se aplică la conducerea a peste 300 procese tehnologice inclusiv în China și Pakistan. Sunt concepute și dezvoltate primele automate programabile AP101 și AP117 produse în serie medie (1 000 sisteme) și implementate în țară și în India și Pakistan. Au fost incluse automatele programabile și sistemele de conducere numerică ECAROM în aplicații complexe în Siria, URSS, RDG, Iordania, Egipt. Au fost concepute soluții de automatizare pentru fabrici de ciment (Fieni, Deva, Tasca, Medgidia) pentru fabricile de anvelope din Zalău, Caracal, Drobeta-Turnu Severin, fiind implementate cu succes folosind echipamente de automatizare românești. Cele mai multe soluții de automatizare au fost realizate la I.S. Automatica, FEA, IEPAM, pe baza proiectelor dezvoltate de specialiști din IPA împreună cu specialiști din învățământul superior de automatică, electronică și calculatoare.

În perioada 1981–1985 colectivul mixt de cercetare–dezvoltare de sisteme numerice de conducere a proceselor, format din specialiști din Facultatea de Automatică, de la IPA și I.S. Automatica, coordonat de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache și dr. ing. Mihai Arhip, a conceput, proiectat și dezvoltat primul sistem distribuit de conducere numerică (SDC-2050) având la bază microprocesoare de 16 biți. Astfel, România este prima țară din estul Europei care dezvoltă și produce sisteme distribuite de conducere numerică. Asemenea sisteme au fost aplicate la fabrica de cinescoape București, Combinatul Petrochimic Râmnicu Vâlcea, Întreprinderea de apă grea ROMAG, precum și în Ucraina și India. La realizarea acestui sistem și-au adus contribuția cadre didactice din Facultatea de Automatică (C. Nitu, Traian Ionescu, D. Cârstoiu, V. Iorga ș.a.).

În aceeași perioadă au fost elaborate echipamente numerice pentru comanda roboților industriali seria SICOR, echipamente numerice pentru comanda prin calculator a mașinilor unelte, regulatoare numerice, programatoare etc. care au stat la baza unor soluții complexe de automatizare aplicate la rafinăria Banias din Siria, fabricile de ciment din Irak, Pakistan și China, la automatizarea unor centrale hidro și termocentrale în RDG, Turcia, Bulgaria.

Au fost aplicate soluții de automatizare și conducere numerică a proceselor tehnologice din industria constructoare de automobile (OLTCIT), industria textilă, industria petrochimică, automatizarea fabricilor de zahăr, proiectate și implementate de specialiști români la Fălticeni, Calafat, Țândărei, Drăgănești, Oltenița, Călărași ș.a.

În perioada 1986–1989 a fost conceput și introdus în fabricație sistemul tipizat de module hardware și software MULTIPROM, sistemul de conducere distribuit DISTRIPOM, familia de teste automate electronice THETAROM, regulator numeric multicanal RM-16. Aceste dezvoltări de noi echipamente și sisteme numerice de automatizare realizate de IPA au implicat și specialiști din facultățile de automatică din București, Cluj-Napoca, Timișoara, Craiova și Iași ș.a.

O contribuție remarcabilă la dezvoltarea de echipamente și sisteme de automatizare au avut-o directorii IPA – ing. Aristide Predoi, ing. Marcel Sârbu, ing. Beghegeanu, ing. Ion Geambașu director general I.S. Automatica și al Centralei de echipamente de automatizare (CIETA), precum și directorii unor filiale IPA din Cluj-Napoca (prof. dr. ing. Marius Hângănuț), din Craiova (prof. dr. docent C. Belea, apoi dr. ing. R. Zlatian și G. Vlăduț), din Timișoara, ing. Grigore Nelepcu (FEA-București), ing. Iordan Criscov, IEPAM Bârlad, ing. T. Ganciu din Iași.

După o perioadă de căutări și reorganizare, IPA continuă, după 1990, să reprezinte un brand național cu reale contribuții la conceperea și dezvoltarea de noi echipamente și soluții de automatizare. Astfel au fost dezvoltate noi regulatoare numerice MICROCON, MAC200 integrabile în structuri de conducere în rețea automatul programabil compact APC-102, Calculator programabil CD-01, CD-P02 pentru controlul debitului de apă fierbinte la cazane, echipament microprogramat EMC-200. De menționat extinderea domeniilor de cercetare-proiectare și la alte sectoare de activitate cu aplicabilitate în domeniul medical, în biologie, prelucrarea de imagini și altele.

De remarcat rolul important jucat de directorii IPA după 1990 în organizarea și orientarea activităților în noul context socioeconomic național și internațional pentru privatizarea societății, ing. Sandu Lazăr, ing. Udrescu Florin și ing. Alexandru Botu. Prin contribuția în special a directorilor ing. Florin Udrescu și ing. Alexandru Botu, IPA și-a păstrat obiectul de activitate, s-a menținut ca instituție etalon în domeniul cercetării-proiectării și dezvoltării de echipamente și sisteme de automatizare.

Se poate concluziona că România și-a dezvoltat, în perioada 1960–2000, o industrie proprie de echipamente și sisteme de automatizare. Cele peste 20 de întreprinderi industriale sub coordonarea Centralei Industriale de Echipamente de Automatizare produceau traductoare, elemente de execuție, regulatoare analogice și numerice, aparatură electrică și panouri de automatizare, calculatoare de proces, sisteme distribuite de conducere acoperind atât cerințele pentru automatizarea proceselor din industria autohtonă, cât și cerințele pentru export.

Universitățile tehnice au asigurat resursa umană înalt calificată pentru cercetare, proiectare și producția de echipamente și sisteme complexe de automatizare, România fiind recunoscută pe plan internațional pentru capacitatea sa de a concepe și produce echipamente și sisteme de automatizare, unele dintre acestea cu prioritate.

Un rol deosebit în dezvoltarea automatizării, electronicii și tehnicii de calcul și informaticii l-a avut **programul național privind dotarea economiei naționale cu echipamente de automatizare și tehnică de calcul**, program coordonat de distinsul academician Mihai Drăgănescu, în perioada (1965–1985). De menționat contribuția remarcabilă a acestui program la dotarea laboratoarelor didactice și de cercetare ale universităților, la dezvoltarea unor programe de cercetare-dezvoltare de mare deschidere pentru dezvoltarea economiei românești, programe care au prefigurat societatea informațională și societatea cognitivă enunțate prioritar de acad. Mihai Drăgănescu. Institutul Central de Informatică (ICT), Institutul de Tehnică de Calcul, prin corpul de elită de cercetători creat în timp din cei mai valoroși absolvenți ai facultăților de automatică și calculatoare au conceput și implementat echipamente de calcul și sisteme de programe competitive pe plan internațional situând România printre primele țări din lume producătoare de calculatoare

și echipamente periferice, întreprinderi ca Fabrica de calculatoare (FCE), Fabrica de echipamente periferice (FEPER), Fabrica de cinescoape ș.a. au fost create și dezvoltate în cadrul programului național menționat, asigurând necesarul de calculatoare și echipamente periferice pentru economia românească și un export consistent în multe țări ale lumii.

Contribuția acad. Mihai Drăgănescu la dezvoltarea automaticii, electronicii și tehnicii de calcul excede granițele României, fiind apreciat ca personalitate a secolului al XX-lea, care a prefigurat dezvoltarea societății bazată pe cunoaștere, al sistemelor integrate Cyber-fizice, al internetului obiectelor ș.a.

O contribuție deosebită la dezvoltarea automaticii în plan conceptual și aplicativ a avut-o grupul de experți de la Institutul Central de Informatică format printe alții din: Florin Gheorghe Filip, Andraș Varga, Vasile Sima, Nicolae Andrei, care a conceput și implementat programe de calcul și strategii de conducere și decizie recunoscute și validate pe plan internațional.

Din nefericire, astăzi vorbim la trecut despre industria de echipamente și sisteme de automatizare, industria de calculatoare și echipamente periferice care într-un interval scurt de timp (mai puțin de 10 ani) a dispărut prin proceduri subtile de privatizare și „modernizare” în contextul unei concurențe acerbe, într-o economie globalizată. Putem vorbi în prezent de industria ICT în România dezvoltată de mari companii specializate în cadrul cărora specialiștii români contribuie din plin la prosperitatea lor prin produse inovative hardware și software de mare valoare economică.

Școala românească de automatică, electronică și calculatoare continuă să furnizeze absolvenți bine pregătiți, integrați eficient atât în companii din țară, cât și în companii și institute de cercetare de avangardă din întreaga lume. România produce astfel cea mai importantă resursă – resursa umană – înalt calificată care contribuie la dezvoltarea și susținerea sectorului care acoperă automatica – informatica, electronica-comunicațiile și calculatoarele, domenii cu un real impact pentru noua societate cognitivă.

RELAȚII INTERNAȚIONALE – VIZIBILITATE

Înainte de anul 1990 putem vorbi despre recunoașterea automaticii din România datorită exporturilor de echipamente și soluții de automatizare furnizate la cheie în multe țări ale lumii, dar și datorită vizibilității unor personalități marcante ale domeniului, cum ar fi: V.M. Popov, Grigore Moisil, Corneliu Penescu, Mihai Drăgănescu, Aurel Avramescu ș.a., promotori ai domeniului în țara noastră.

Participările sporadice la manifestări științifice internaționale a unor specialiști din domeniul automaticii, contribuțiile științifice ale acestora, precum și prestigiul unor personalități ca Grigore Moisil, președintele Comisiei de Automatizări a Academiei Române, au contribuit la intrarea României ca membru IFAC în anul 1957. Astfel, Academia Română, prin Comisia de Automatizări a fost *National Member Organization (NMO)* pentru IFAC (în perioada 1957–1979). În perioada 1979–1990, NMO-IFAC în România a fost IPA București, iar din 1991 NMO-IFAC

în România este *Societatea Română pentru Automatică și Informatică Tehnică* (SRAIT), al cărei președinte este prof. dr. ing. Ioan Dumitrache.

Prima participare a României la un congres IFAC a avut loc în 1960, când V.M. Popov prezintă cu un succes remarcabil lucrarea sa privind criteriul frecvențial pentru analiza stabilității sistemelor neliniare. Începând cu acest an lumea științifică internațională acordă multă atenție lucrărilor lui V.M. Popov și ale altor cercetări din România, participanți la congrese IFAC sau alte manifestări internaționale (C. Penescu, Aurel Avramescu, Sergiu Călin, Ioan Dumitrache, Vlad Ionescu, Simion Florea, Nicolae Budișanu, Marius Hanganut, Constantin Belea, Mihai Voicu, Emil Ceangă, Răzvan Vladimir, Mircea Ivănescu, Tiberiu Coloși, Florin Gheorghe Filip, Vasile Sima, Neculai Andrei ș.a.). Reprezentanți ai comunității științifice din România, NMO sunt invitați să facă parte din comitetele Tehnice IFAC (C. Penescu, Ioan Dumitrache, Sergiu Călin, Marius Hăngănuț, Nicolae Budișan, Florin Gheorghe Filip, Răzvan Vladimir, Toma Dragomir ș.a.), precum și din comitetele Internaționale de Program ale unor manifestări IFAC. Ca o recunoaștere a rezultatelor cercetărilor în domeniul fluidicii, în anul 1980 se organizează în București cea de a 8-a Conferință de Fluidică „Jablona” avându-l ca președinte pe prof. dr. ing. Florea Simion, cu peste 60 participanți din peste 20 de țări. SRAIT–Arad (prof. V.E. Bălaș și prof. M. Bălaș) a organizat, începând cu anul 2005, workshop-ul bianual SOFA.

Începând cu anul 1975, Facultatea de Automatică și Calculatoare organizează Conferința Internațională de Automatică și Calculatoare (CSCS) având la fiecare ediție, participanți din întreaga lume.

Manifestări științifice cu participare internațională au fost organizate sub egida SRAIT la Timișoara, Craiova, Cluj-Napoca, Iași și Galați. Mai multe evenimente științifice organizate sub egida IFAC și IEEE s-au desfășurat după 1995, când activitatea NMO-România a fost remarcată de Consiliul general IFAC, iar reprezentanții SRAIT în comitetele tehnice IFAC și-au îndeplinit cu succes misiunea. În această direcție sunt de remarcat: Toma Dragomir, Răzvan Vladimir, Mihai Abrudean, Daniel Moga, Mihai Voicu, Octavian Păstrăvanu, Mircea Ivănescu, Florin Gheorghe Filip, Neculai Andrei, Theodor Borangiu, Sergiu Iliescu, Simona Caramihai, Cătălin Buiu, Monica Drăgoicea, Ioan Dumitrache ș.a.

Programele TEMPUS și ERASMUS au reprezentat pentru specialiști din domeniul automaticii un prilej de promovare a școlii românești de automatică, de stabilire a unor relații de colaborare cu cele mai reprezentative școli de automatică din Austria, Italia, Franța, Germania, Belgia, Marea Britanie, Finlanda, Norvegia, Olanda, Spania, Portugalia ș.a. De menționat impactul primelor proiecte TEMPUS asupra procesului formativ în domeniul automaticii prin schimbul de profesori și de experiențe cu departamentele de automatică din Europa. De menționat faptul că încă din 1991, la propunerea prof. dr. ing. Ioan Dumitrache, Asociația profesorilor de automatică din țările de vest (WEPAC) s-a transformat în Asociația profesorilor de automatică din Europa (EPAC). Începând cu anul 1990, România a participat la toate congresele IFAC, iar numărul lucrărilor selectate pentru susținere a fost în continuă creștere. Activitatea membrilor în Comitetele tehnice a fost bine apreciată la nivelul conducerii IFAC, iar acad. Florin Gheorghe Filip și acad. Ioan Dumitrache au fost aleși ca președinți ai comitetelor tehnice – *Large Scale Complex Systems*, (TC 5.4) respectiv, *Components and Technologies for Control* (TC – 4.1).

Cei mai mulți reprezentanți în Comitetele tehnice IFAC au fost selectați ca membri în Comitetele internaționale de programe pentru manifestările organizate sub egida IFAC și IEEE. Sunt de menționat pentru prestația lor științifică în aceste comitete: Radu Precup, Toma Dragomir, Gheorghe Daniel Andreescu, Mihai Abrudean, Daniel Moga, Clement Festilă, Mihai Voicu, Lazăr Corneliu, Octavian Păstrăvanu, Emil Ceangă, Mircea Ivănescu, Răzvan Vladimir, Dan Popescu, Ioan Dumitrache, Teodor Borangiu, Dumitru Popescu, Florin Gheorghe Filip, Andrei Nicolai, Vasile Sima, Simona Caramihai, Cătălin Buiu, Radu Dobrescu, Aurel Stănescu, Sergiu Iliescu ș.a. acad. I Dumitrache a fost președinte al Comitetului tehnic TC 4.1 două mandate în perioada 2011–2017. Acad F.G. Filip a fost președinte al comitetului tehnic TC 5.4 („Large Scale Complex Systems) două mandate în perioada 2003–2009.

Prin contribuțiile acestor colegi și desigur a altora vizibilitatea internațională a automaticii din România a crescut continuu. Contribuțiile remarcabile în acest sens au: Radu Precup, Octavian Păstrăvanu, Răzvan Vladimir, Ioan Dumitrache, Cristian Oară, Ioan Necoară, Bogdan Dumitrescu, Cătălin Buiu, Florin Gheorghe Filip, Andrei Nicolae, Vasile Sima, Teodor Borangiu, Radu Dobrescu, Dorin Cârstoiu, Dumitru Popescu, Mihai Voicu, Tiberiu Coloși, Mihai Abrudeanu, Marin Constantin, Mircea Ivănescu, Cornel Lazăr, Costică Nițu, Sergiu Iliescu, Toma Dragomir, Octavian Prostean, Emil Ceangă, Viorel Minzu, Petre Dobra, Nicolae Paraschiv, Sergiu Caraman, Daniel Moga ș.a.

Se poate afirma că automatică din România își aduce constant contribuția la dezvoltarea cunoașterii, la conceperea și implementarea soluțiilor avansate de automatizări în toate sectoarele socioeconomice. Avem convingerea că România se menține în continuare printre primele țări care au adus contribuții conceptuale și aplicative la dezvoltarea științei sistemelor, la dezvoltarea automaticii cu impact major pentru toate sectoarele socioeconomice.

Protocoalele de colaborare încheiate între departamentele de automatică din România cu departamente similare din Europa, care vizează dezvoltarea de programe de cercetare științifică comune, schimbul de cadre didactice și studenți, confirmă prestigiul de care se bucură specialiștii din domeniul automaticii. Protocolul semnat între departamentele de automatică din București și Institutul de automatică din Darmstadt, condus de prof. dr. ing. Rolf Iserman, derulat în perioada 1995–2005, este un model de colaborare între cele două universități. Programul de cercetare științifică având ca tematică conceperea și dezvoltarea de sisteme inteligente cu aplicații în automatizarea sistemelor energetice și în conducerea inteligentă a roboților a implicat peste 10 cadre didactice din ambele universități. Programul a fost coordonat de prof. dr. ing. Rolf Iserman din partea Institutului de automatică din Darmstadt și de prof. dr. ing. Ioan Dumitrache și prof. dr. ing. Sergiu Iliescu din partea Facultății de Automatică din Universitatea „Politehnica” București.

Protocoale similare au fost încheiate cu Universitatea Tehnică din Viena, Institutul Politehnic din Grenoble, Universitatea Tehnică din Tampere, Universitatea Tehnică din Berlin, Universitatea Liberă din Belgia, Universitatea din Gent etc.

În cadrul programului de colaborare cu Universitatea Tehnică din Viena, program coordonat de prof. dr. ing. Peter Kopacek, au fost invitați pentru a susține cursuri, ca profesori invitați, prof. dr. ing. Ioan Dumitrache și prof. dr. ing. Theodor Borangiu.

Programul s-a derulat în perioada 1994–2000 și a avut ca obiectiv dezvoltarea de sisteme de conducere a roboților și elaborarea de strategii avansate de conducere a sistemelor de fabricație.

Un program special de colaborare a fost derulat între Departamentele de automatică din UPB și Departamentul de Mecatronică de la Universitatea Konstanz din Elveția. Prof. dr. ing. Theodor Borangiu, conf. dr. ing. Florin Stratulat și prof. dr. ing. Radu Dobrescu au desfășurat activități de cercetare în cadrul unor proiecte coordonate de prof. dr. ing. Florin Ionescu din cadrul Departamentului de mecatronică.

O colaborare fructuoasă a existat între Departamentul de Automatică și Ingineria Sistemelor cu École Centrale de Lille, în cadrul căreia prof. dr. ing. Dumitru Popescu și prof. dr. ing. Pierre Borne au organizat mai multe manifestări științifice printre care: *Conferința Internațională Francofonă – CIFA 2008* (copreședinte al conferinței fiind acad. F.G. Filip), *Conferința ICSCS 2013* și *Conferința Internațională IEEE – Advanced Control and Diagnosis*, în București 2017. Au fost derulate în cadrul programului de cooperare mai multe proiecte de cercetare la care au participat alături de cele două entități coordonatoare și colective de cercetare de la INP.Grenoble, I.P.Torino, École Supérieure d'Engineurs Annecy. Schimbul de studenți și cadre didactice de la cele două departamente de automatică din Universitatea „Politehnica” din București și universități din Spania, Franța, Italia, Germania, Finlanda, Portugalia ș.a. A cunoscut o creștere continuă după anul 2000 depășind 30 de studenți anual.

Recunoașterea internațională a contribuției specialiștilor din domeniul automaticii la dezvoltarea cunoașterii este evidențiată și prin numărul lucrărilor invitate prezentate la manifestări internaționale. Printre specialiștii invitați să prezinte lucrări plenare sau conferințe menționăm: acad. Florin Gheorghe Filip, acad. Ioan Dumitrache, prof. dr. ing. Mihail Voicu, membru corespondent al Academiei Române, prof. dr. ing. Vladimir Răsvan, prof. dr. ing. Teodor Borangiu, prof. dr. ing. Mircea Ivănescu, prof. dr. ing. Dumitru Popescu, prof. dr. ing. Radu Dobrescu, prof. dr. ing. Emil Ceangă, prof. dr. ing. Radu Precup, prof. dr. ing. Octavian Păstrăvanu, dr. ing. Vasile Sima, dr. ing. Neculai Andrei ș.a. De asemenea sunt de menționat contribuțiile specialiștilor din România la publicarea unor volume/monografii ca autori/coautori sau editori, lucrări publicate de edituri de prestigiu.

REFERINȚE

- Drăgănescu, M. ș.a., *Precursori Români ai Ciberneticii*, Edit. Academiei Republicii Socialiste Române, 1979.
- Odobleja, Ștefan, *Psychologie consonantiste*, Librairie Maloine, Paris, 1938–1939.
- Dumitrache, Ioan, *Evoluția Automaticii în Universitatea „Politehnica” din București, File de istorie – 195 de ani în UPB*, Edit. Politehnica Press, 2014.
- Florescu, M., Niçolau, Edmond, Niculescu, Mizil, Eugeniu, Bileiu, Constantin, *Cibernetica*, Edit. Academiei, 1981.
- File de istorie, Facultatea de Automatică și Calculatoare*, 1961–2017.
- Dumitrache, Ioan, Popescu, Ion, M., *File de istorie – 150 de ani în Universitatea „Politehnica” București*, Editura Politehnica Press, 2014.
- Udrescu, Florin, Arhip, Mihail, *IPA – Trasabilitate 45 ani*, Revista Română de Automatică, vol. XVIII, No. 4, pp. 5–12.

Anexa I

1. Penescu, C., *Automatica și telemecanica sistemelor energetice*, Edit. Academiei, vol. I, 1959, vol. II, 1960, vol. III, 1961.
2. Vazaca, Cristofor, *Analiza și sinteza sistemelor automate*, Edit. Academiei, 1959.
3. Popov, V.M., *Hiperstabilitatea sistemelor automate*, Edit. Academiei, 1966.
4. Soderstrom, Stoica P., *Systems Identification*, Editura Prentice Hall, 1989.
5. Ionescu, V., Oară, C., Weiss M., *Generalized Riccetti Theory and Robust Control. A.Popov approach*, John Wiley, 1999.
6. Borangiu Th., *Advance Robust Motion Control*, Editura Academiei Române, 2003.
7. Ionescu V., Stoica A., *Robust Stabilization and H^∞ Problem*, Klumer Academic Publishers, 1999.
8. Filip F.G., Dumitrache I., Iliescu S., *Large Scale Systems: Theory and Applications*, Elsevier Science Ltd, 2001.
9. Filip F. G., *Sisteme suport pentru decizii*, Editura Tehnică, 2004.
10. Borangiu Th., Ionescu Fl., *Robust Modeling and Simulation*, Edit. Academiei Române, 2002.
11. Dumitrache I. (coordonator), *Automatica*, vol. I în 2009, vol. II în 2013 și vol. III în 2016, Edit. Academiei Române.
12. Dumitrache I., *Advances in Intelligent Control Systems and Computer Science*, Springer, 2017.
13. Filip F.G., Zamfirescu C.B., Ciurea C., *Computer Supported Colaborative Decision-Making*, Springer, 2017.
14. Borne P., Popescu D., Filip F.G., Ștefănoiu D., *Optimization in Engineering Sciences – Exact Methods*, John Wiley, 2013.
15. Dobrescu R., Iordache D.A., *Complexity and Information*, Edit. Academiei Române, 2010.
16. Dijon J.M., Popescu D., *Optimisation des Systemes-Commande Optimale*, Edit. Diderot, Paris, 1998.
17. Borne P., Popescu D., Filip F.G., Ștefănoiu D., *Optimization Techniques for Engineering-Exact Methods*, Editura John Wiley, Londra, ISBN: 978-1-84821-432-3, 2013.
18. Ștefănoiu D., Borne P., Popescu D., Filip F.G., *Optimization Techique for Engineering-Methaeuristics*, Stochastic Methods and Decision Support, John Wiley, Londra ISBN 978-1-78630-014-0.

Anexa II

1. Coloși Tiberiu, Abrudean Mihail, Ungureșan Mihaela, Mureșan Vlad, *Numerical simulation of distributed parameter processes*, Editura Springer, 2013, 363 p., ISBN: 978-3-319-00013-8.
2. Folea S. C., Mois G., Muresan C. I., Miclea L., De Keyser R., Cirstea M. N., *A Portable Implementation on Industrial Devices of a Predictive Controller Using Graphical Programming*, Ieee Transactions on Industrial Informatics, vol. 12, pp. 736–744, Apr 2016.
3. Sanislav T., Mois G., Miclea L., *An approach to model dependability of cyber-physical systems*, Microprocessors and Microsystems, vol. 41, pp. 67–76, Mar 2016.
4. Coloși T., Abrudean M., Ungureșan M.-L., Mureșan V., *Numerical simulation of distributed parameter processes*, Springer, 2013, 363 p.
5. Clitan I., Muresan V., Abrudean M., *Design of a discrete controller using the Dahlin algorithm for a direct-current motor speed control*, Journal of Computer Science and Control Systems (JCSCS), vol. 7, no. 2, Ed. Universității din Oradea, 2014, pp. 13–18.
6. Ionescu C., Muntean I., Tenreiro-Machado J.A., DeKeyser R., Abrudean M., *A theoretical study on modelling the respiratory tract with ladder networks by means of intrinsic fractal geometry*, in *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 57, 2010, pp. 246–253.
7. Sita Ioan-Valentin, Dobra Petru, Moga Daniel et al., *Optimization of Residential Heating Systems Using Accumulators*, IEEE 15th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Rome, Italy, Jun 10–13, 2015, pp. 2165–2170, Published: 2015.
8. Duma R., Dobra P., Trusca M., *Embedded application of fractional order control*, in *Electronic Letters*, vol. 48, no. 24, 2012, pp. 1526–1528.
9. Harja G., Nascu I., Muresan C., Nascu I., *Improvements in Dissolved Oxygen Control of an Activated Sludge Wastewater Treatment Process*, Circuits Systems and Signal Processing, vol. 35, pp. 2259–2281, Jun 2016.
10. Moga R., Hrebenciuc F., Stroia N., D. Moga, *Optimal Approximations for Linearization of Sensor Transfer Curves*, Automation Computers Applied Mathematics, Vol. 20, No. 1, pp. 3–8, 2011.
11. Folea S. C., Mois G., Muresan C. I., Miclea L., De Keyser R., Cirstea M. N., *A Portable Implementation on Industrial Devices of a Predictive Controller Using Graphical Programming*, Ieee Transactions on Industrial Informatics, vol. 12, pp. 736–744, Apr 2016.
12. Mois G., Sanislav T., Folea S. C., *A Cyber-Physical System for Environmental Monitoring*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 65, pp. 1463–1471, Jun 2016.
13. Folea S., Muresan C.I., De Keyser R., Ionescu C.M., *Theoretical Analysis and Experimental Validation of a Simplified Fractional Order Controller for a*

- Magnetic Levitation System*, Control Systems Technology, IEEE Transactions on, no. 99, pp. 1, 1 2015, doi: 10.1109/TCST.2015.2446496, ISI Journal, 2.474.
14. Folea S.C., Mois G., *A Low-Power Wireless Sensor for Online Ambient Monitoring*, Sensors Journal, IEEE, vol. 15, no. 2, pp. 742, 749, Feb. 2015, doi: 10.1109/JSEN.2014. 2351420, ISI Journal, 1.852.
 15. Mureşan C. I., Folea S., Mois G., Dulf E. H., *Development and Implementation of an FPGA Based Fractional Order Controller for a DC Motor*, Elsevier, Mechatronics, Volume 23, Issue 7, October 2013, pg. 798–804, ISI Journal, 1.823.
 16. Mureşan B., Folea S., Nascu I., Ionescu C., DeKeyser R., *System identification and modelling of a miniature coaxial helicopter*, in *Simulation: Transactions of the Society for Modeling and Simulation International*, vol. 89, no. 12, 2013, pg. 1490–1504.
 17. Mureşan C. I., Dulf E. H., Both R., *Vector-based tuning and experimental validation of fractional-order PI/PD controllers*, Nonlinear Dynamics, vol. 84, pp. 179–188, Apr 2016.
 18. Mureşan C. I., Dutta A., Dulf E. H., Pinar Z., Maxim A., Ionescu C. M., *Tuning algorithms for fractional order internal model controllers for time delay processes*, International Journal of Control, vol. 89, pp. 579–593, Mar 2016.
 19. Muresan C. I., Dulf E. H., Both Roxana, *Comparative analysis of different control strategies for a train of cryogenic 13C separation columns*, Chemical Engineering & Technology, (2015), DOI: 10.1002/ceat.201400550.
 20. Dulf E. H., Pop C. I., Dulf F. V., *Systematic Modeling of the (13C) Isotope Cryogenic Distillation Process*, in *Separation Science and Technology*, Taylor & Francis, vol. 47, no. 8, 2012, 47:8, pp. 1234–1240.
 21. Busoniu L., Postoyan R., Daafouz J., *Near-Optimal Strategies for Nonlinear and Uncertain Networked Control Systems*, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 61, pp. 2124–2139, Aug 2016.
 22. Busoniu L., Morarescu C., *Consensus for Black-Box Nonlinear Agents Using Optimistic Optimization*, Automatica. 50:1201–1208, 2014.

Anexa III

1. Sebastian L., *Automatică*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1973.
2. Bejan I., *Automatizarea sistemelor electroenergetice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976.
3. Voicu M., Păstrăvanu O., *Non-recursive models in control system analysis and design*, Editura Dosoitei, Iași, 1997.
4. Pastravanu O., *Sisteme cu evenimente discrete. Tehnici calitative bazate pe formalismul rețelelor Petri*, Edit. Matrix Rom, București, 1997.
5. Lazar C., *Conducerea predictivă a proceselor cu model cunoscut*, Editura Matrix Rom, București, 1999.
6. Pastravanu O., Ibanescu R., *Limbajul bond-graph in modelarea si simularea sistemelor fizico-tehnice*, Edit. Gh. Asachi, Iași, 2001.
7. Voicu M., *Introducere în automatică*, Polirom, Iași, 2002.
8. Voicu M. (ed.), *Advances in automatic control*, Springer (Kluwer Academic Publishers), New York, 2003.
9. Voicu M., *Teoria sistemelor*, Edit. Academiei Române, București, 2008.
10. Pănescu D., Dumbravă Șt., *Sisteme de control al roboților; modelarea cinematică*, Edit. Politehniun, Iași, 2009.
11. Caruntu C. F., Lazăr C., *Modelare si control predictiv*, Edit. Politehniun, Iași, 2013.
12. Burlacu A., Kloezer M., *Controlul sistemelor mobile cu roți*, Edit. Performantica, Iași, 2014.

Software omologat de firma The MathWorks Inc.

- [1. Mahulea C., Matcovschi M., Pastravanu O. (2004), *Petri Net Toolbox for MATLAB*, The MathWorks Connections Program, http://www.mathworks.com/products/connections/product_detail/product_35741.html

SELECȚIE DE ARTICOLE PUBLICATE ÎN REVISTE ISI

1. Nogoescu N., Sebastian L., *Grapho-analytical methods for the determination of self-sustained oscillations for a class of automatic nonlinear systems*, IEEE Trans. on Automatic Control, Vol. 16, Nr. 3, 1971, pp. 372–374.
2. Voicu M. (1972), *Identifi cation compl te des processus dynamiques lin aires*, Revue Fran aise d'Automatique, Informatique et de Recherche op rationnelle, nr. J-2, pp. 87–95.
3. Sebastian L., Voicu M., *Stabilit t von Grenzs wingungen bei nichtlinearen Regelungssystemen mit zwei Nichtlinearit ten (Stability of limit-cycles in nonlinear control systems with two-nonlinearities)*, Regelungstechnik, Heft 10, 1974, pp. 317–319.
4. Voicu M., *Componentwise asymptotic stability of the linear constant dynamical systems*, IEEE Trans. Automatic Control, Vol. 29, Nr. 10, 1984, pp. 937–939.

5. Jagannathan S., Lewis F.L., Pastravanu O., *Discrete-time model reference adaptive control of nonlinear dynamical systems using neural networks*, International Journal of Control, Vol. 64, No. 2, 1996, pp. 217–239.
6. Lazar C., Poli E., Mustata B., *Implementation of a predictive controller for thermal treatment processes*, Control Engineering Practice, Vol. 8, Nr. 3, 2000, pp. 345–350.
7. Lazar, M., Pastravanu O., *A neural predictive controller for non-linear systems*, Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 60, Nr. 3–5, 2002, pp. 315–324.
8. Pastravanu O., Voicu M., *Necessary and sufficient conditions for componentwise stability of interval matrix systems*, IEEE Trans. Automatic Control, Vol. 49, Nr. 6, 2004, pp. 1016–1021.
9. Pastravanu O., Matcovschi M., *Absolute componentwise stability of interval Hopfield neural networks*, IEEE Trans. Systems Man and Cybernetics B, Vol. 35, Nr. 1, 2005, pp. 136–141.
10. Pastravanu O., Voicu M., *On the componentwise stability of linear systems*, International Journal of Robust and Nonlinear Control, Vol. 15, Nr. 1, 2005, pp. 15–23.
11. Pastravanu O., Voicu M., *Generalized matrix diagonal stability and linear dynamical systems*, Linear Algebra and Its Applications, Vol. 419, Nr. 2–3, 2006, pp. 299–310.
12. Vrabie D., Pastravanu O., Abu-Khalaf M., Lewis F. L., *Adaptive optimal control for continuous-time linear systems based on policy iteration*, Automatica, Vol. 45, Nr. 2, 2009, pp. 477–484.
13. Kloetzer M., Mahulea C., Belta C., Silva M., *An automated framework for formal verification of timed continuous Petri nets*, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Vol. 6, Nr. 3, 2010, pp. 460–471.
14. Balau A.E., Caruntu C.F., Lazar C., *Simulation and Control of an Electro-Hydraulic Actuated Clutch*, Mechanical Systems and Signal Processing, Vol. 25, Nr. 6, 2011, pp. 1911–1922.
15. Copot C., Lazar C., Burlacu A., *Predictive Control of Nonlinear Visual Servoing Systems using Image Moments*, IET Control Theory and Applications, Vol. 6, Nr. 10, 2012, pp. 1486–1496.
16. Panescu D., Kloetzer M., Burlacu A., Pascal C., *Artificial intelligence based solutions for cooperative mobile robots*, Journal of Control Engineering and Applied Informatics, Vol. 14, Nr. 1, 2012, pp. 74–82.
17. Pastravanu O., Matcovschi M.H., *Max-type copositive Lyapunov functions for switching positive linear systems*, Automatica, Vol. 50, Nr. 12, 2014, pp. 3323–3327.
18. Kloetzer M., Mahulea C., *LTL-based planning in environments with probabilistic observations*, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Vol. 12, Nr. 4, 2015, pp. 1407–1420.
19. Carpiuc S.C., Lazar C., *Real-Time Multi-Rate Predictive Cascade Speed Control of Synchronous Machines in Automotive Electrical Traction Drives*, IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 63, Nr. 8, 2016, pp. 5133–5142.

20. Pastravanu O., Matcovschi M., Voicu M., *Row and Column Representatives in Qualitative Analysis of Arbitrary Switching Positive Systems*, Romjst, No. 1–2, Vol. 19, 2016, pp. 127–136.
21. Pastravanu O., Matcovschi M., Voicu M., *Interval matrix systems and invariance of non-symmetrical contractive sets*, Romjst, No. 1–2, Vol. 19, 2016, pp. 137–147.
22. Carpiuc S.C., Lazar C., *Modeling of synchronous electric machines for real-time simulation and automotive applications*, Journal of the Franklin Institute, Vol. 354, Nr. 14, 2017, pp. 6258–6281.

Anexa IV

1. Ivănescu M., *Control in Handbook of Mechanical Engineering*, pp.610–716, Editor J. David, Irwin, Academic Press, New York, 2003.
2. Belea C., Ivănescu M., *Sisteme cu parametrii distribuiți – Sisteme automate complexe*, Ed. Tehnica, 1975.
3. Ivănescu M., *Sisteme avansate pentru conducerea roboților*, Edit. Scrisul Romanesc, Craiova, 2004 .
4. Ivănescu M., *From Classical to Modern Mechanical Engineering-Fundamentals*, Editura Romana, Bucharest, 2007.
5. Ivănescu Mircea, Popescu Decebal, 2014, *Arhitecturi avansate pentru conducerea roboților*, Editura Politehnica Press, ISBN 978-606-515-568-8, 545 p.
6. Marin C., *Identificarea și conducerea sistemelor cu cauzalitate variabilă. Aplicații pentru roboți mobili*, Editura Sitech, ISBN 978-606-11-0786-5, Craiova, 2010. Marin C., *Algoritmi de conducere a roboților mobili în medii incerte*, Editura Sitech Craiova, 2005, ISBN 973-746-096-0, 335 p.
7. Belea C., Marin C., *Sisteme cu structură variabilă în „Sisteme automate complexe”*, cap. 10, Editura Tehnică, București, 1972, 33 p. Belea C., *Sisteme neliniare*, Edit. Tehnică, 1973.
8. Răsvan Vl., Popescu D., 2004, *Sisteme dinamice aplicate. Oscilații. Robustețe. Întârzieri de timp*, Editura SITECH, Craiova, 270 p., ISBN: 973-657-780-5.
9. Răsvan Vl., 1987, *Teoria stabilității. Concepte. Metode. Aplicații*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 320 p.
10. Răsvan Vl., 1975, *Stabilitatea absolută a sistemelor automate cu întârziere*, Edit. Academiei, București, 276 p. (versiune rusă îmbunătățită la Editura „Nauka”, Moscova-Leningrad, 1983, 360 p.).
11. Răsvan Vl., Ștefan R., 2007, *Systemes Nonlineaires. Theorie et Applications*, Editions Hermes-Lavoisier, Paris-London, 390 p., ISBN: 978-2-7462-1548-1.
12. Halanay A., Răsvan Vl., 2000, *Discrete Time Systems. Stability and Stable Oscillations*, Gordon & Breach, New York-London, 285 p., ISBN: 90-5699-671-1.
13. Halanay A., Răsvan Vl., 1993, *Applications of Liapunov Methods in Stability*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht-Boston-London, 237 p., ISBN: 0-7923-2120-0 (Mathematics and Its Applications Series No. 245).
14. Vinatoru Matei, 2011, *Fundamente de sisteme automate, Teorie și aplicații*.

Anexa V

Diseminarea rezultatelor cercetării științifice în jurnale și volumele unor conferințe organizate în România

În contextul unor severe constrângeri de publicare a rezultatelor cercetărilor științifice în jurnale și reviste de specialitate din străinătate, precum și a dificultăților majore întâmpinate de specialiștii de automatică și calculatoare de a participa la manifestări științifice internaționale în perioada 1950–1990, promotorii acestor domenii au creat condiții pentru diseminarea rezultatelor cercetărilor între specialiștii blocului est-european.

Astfel, s-au creat și au fost organizate conferințe naționale cu participare internațională în cadrul universităților din Timișoara, Cluj-Napoca, Iași, Galați, Craiova și București. Dintre aceste centre universitare, s-a remarcat în mod deosebit cel bucureștean, unde au fost organizate anual conferințe cu participare internațională la Facultatea de Automatică și Calculatoare. Organizate în principal de acad. Ioan Dumitrache, printre aceste evenimente științifice enumerăm câteva: Conferința Internațională de fluidică Jablona, Conferința de automatică și calculatoare – CSCS (*Control Systems and Computer Science*), organizată la fiecare doi ani începând cu anul 1975 până în prezent. La Craiova s-a organizat, sub coordonarea prof. dr. Constantin Belea, SINTES – *Simpozionul de teoria sistemelor*, iar la Cluj-Napoca s-a organizat simpozionul *Sisteme de testare și diagnoză*, iar după 1990, conferința internațională AQTR (*International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics*). Centrul universitar Iași a găzduit și organizat *Simpozionul de algoritmi și structuri de reglare SACCS*, în timp ce la Galați se organiza *Conferința de modelare și identificare a proceselor – SIMSIS*. În cadrul acestor manifestări științifice, unele manifestări devenind tradiționale, cu largă recunoaștere internațională, au fost prezentate rezultatele cercetărilor români alături de cercetători invitați din peste 40 de țări ale lumii.

Unele manifestări științifice au fost organizate cu succes și după anul 1990 într-un alt format și cu altă deschidere internațională. De menționat conferințele internaționale organizate în Timișoara (IEEE SACI – International Symposium on Applied Computational Intelligence and Informatics), București (CSCS – Control Systems and Computer Science), Sinaia (ICST – International Conference on System Theory, Control and Computing, care reunește conferințe de tradiție precum SINTES, SACCS, SIMSIS, CONTI ale universitatilor din Craiova, Iași, Galați și Timișoara), Oradea (ICCCC – International Conference on Computers, Communications and Control Systems, fondată, în 2006, de I. Dzitac, F.G. Filip și M.J. Manolescu la Universitatea Agora) și altele. Este esențial de notat că aproape toate aceste manifestări științifice cu largă vizibilitate internațională au avut ca origine pe cele inițiate în perioada 1950–1990.

Peste 35 de conferințe, simpozioane și workshopuri au fost organizate sub egida IFAC și IEEE, după anul 1990 în Timișoara, Cluj-Napoca, Iași, Craiova, București. Un rol important în organizarea acestor manifestări internaționale l-a avut

Comitetul Național Român IFAC (NMO România) și Societatea Română pentru Automatică și Informatică Tehnică (SRAIT) sub conducerea acad. Ioan Dumitrache.

Se poate remarca viziunea și capacitatea de adaptare a specialiștilor din domeniul automaticii și calculatoarelor care, într-un context istoric neprielnic schimburilor de idei între cercetători, au găsit soluții eficiente pentru promovarea științei și tehnologiei în lume.

Astfel, vizibilitatea și recunoașterea automaticii pe plan internațional a fost posibilă inclusiv prin organizarea acestor manifestări științifice. Multe din ideile și subiectele de cercetare dezbătute și prezentate la aceste manifestări științifice au fost diseminate în lumea științifică internațională prin participarea oamenilor de știință străini din țări cu mai multă deschidere mondială decât România în perioada 1950–90. Se poate spune, așadar, că specialiștii automaticii românești au contribuit, chiar și în acest mod indirect, la recunoașterea și dezvoltarea automaticii moderne.

Paralel cu aceste preocupări remarcabile ale promotorilor și seniorilor automaticii românești au fost concepute și lansate reviste și jurnale românești în care s-au publicat multe din rezultatele cercetărilor științifice din domeniile Electronică, Electrotehnică, Calculatoare, Automatică, Informatică Aplicată ș.a.

Dintre aceste reviste în care s-au publicat atât în limba română, cât și în limba engleză articole ale autorilor din țară și din străinătate menționăm:

1. Revista *Electrotehnică, Electronică, Automatică*, publicată de Edit. Electra, anul de apariție 1957, e-mail cea-journal@icpe.ro // edituraelectra@icpe.ro.

2. Revista *Automatica și electronica*, publicată începând cu anul 1964, sub redacția acad. Corneliu Penescu și Florea Simion, cu apariția până în anul 1989.

3. AMC – *Automatica, Management, Calculatoare* lansată în 1957, sub redacția ing. Paul Zamfirescu. În cadrul acestei reviste, editată de Edit. Tehnică până în anul 1989, au fost publicate sinteze, rezultate ale cercetării applicative în domeniul automaticii, informaticii, electronicii și calculatoarelor. Au fost publicate peste 60 de volume în limba română reprezentând un real support pentru tinerii cercetători.

4. *Revista Română de Automatică*, cu apariție trimestrială în paginile căreia se publică rezultate ale activității de cercetare–dezvoltare pentru acționări electrice și electronică de putere, traductoare, echipamente de achiziție de date, sisteme inteligente de conducere. Revista este editată de IPA SA (Institutul de Proiectări Automatizări), cod ISSN 1454–9077. Primul redactor al revistei a fost dr. ing. Mihai Arhip. URL: http://www.ipa.ro/revista_ipa.html.

5. RRIA – *Revista Română de Automatică și Informatică*, lansată în 1991 cu apariție trimestrială. Revista a fost succesorul *Buletinului Român de Informatică*, fondat în 1980. Redactor-șef: dr. Alexandru Bulog, succedând lui dr. F. Stanculescu și dr. N. Andrei, membru titular AOȘ. URL : <https://rria.ici.ro/>.

6. SIC – *Studies in Informatics and Control*. Anul lansării: 1992 (ca successor al revistei *Studies in Informatics and Computer Techniques*, lansată în 1989). Editor-in Chief și founder: acad. F.G. Filip. Managing Editor: dr. A. Niculescu (membru al Colectivului de redacție din 2001). Revistă internațională cu apariție trimestrială, publică cu precădere articole din domeniul aplicațiilor calculatoarelor în conducerea avansată a proceselor tehnologice și de management. URL: sic.ici.ro.

7. CEAI: *Journal of Control Engineering and Applied Informatics*. Anul Lansării: 1999. Editor-in Chief și founder: acad. Ioan Dumitrache. Revista internațională sub egida SRAIT (*Societatea Română de Automatică informatică tehnică*) cu apariție trimestrială. Publică articole de teoria și practica din domeniul automatizării și informaticii aplicate. URL: <http://www.ceai.srait.ro/index.php?journal=ceai&page=index>.

8. AECE – *Advances in Electrical and Computer Engineering*. Anul lansării: 2001. Editor in Chief: prof. A. Graur, Revista cu apariție trimestrială, publică un spectru larg de articole inclusiv în domeniul sistemelor automate. URL: <http://www.aece.ro/>.

9. IJCCC – *International Journal of Computers, Communications and Control*. Anul lansării: 2006. Editor in Chief: acad. F.G. Filip, și, din 2018, și prof. Ioan Dzitac. Fondatori: I. Dzitac, F.G. Filip. și M.J. Manolescu. Revistă internațională cu șase numere pe an, publicând cu precădere articole în care se prezintă soluții integrate ale celor trei tehnologii: automatică, calculatoare, comunicații. URL: <http://univagora.ro/jour/index.php/ijccc/index>.

10. *Probleme de Automatizare* editată de Academia Română sub coordonarea acad. Grigore Moisil. Comisia de Automatizări a Academiei Române a organizat începând cu anul 1954 mai multe dezbateri, seminarii, simpozioane științifice având ca tematică automatică și automatizarea proceselor. Cele mai consistente rezultate ale acestor dezbateri au fost publicate în revistă.

De menționat că buletinele științifice ale universitatilor tehnice din București, Timișoara, Cluj-Napoca, Iași au secțiuni speciale pentru publicarea articolelor din domeniile automatică, calculatoare, informatică aplicată. Aceste buletine științifice sunt indexate BDI (Baze de date internaționale) și unele sunt cotate ISI.

De menționat că după anul 1999 a existat o preocupare constantă a Consiliului Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior pentru creșterea vizibilității cercetării românești, pentru promovarea și recunoașterea revistelor românești de specialitate și indexarea lor în baze de date internaționale. Astfel, în anul 2017 în domeniul automatizării, calculatoarelor și al informaticii aplicate există în România, în 2018, 4 reviste cotate în *Master Journal List* al *Clarivete Analytics*: AECE, CEAI, IJCCC, SIC.

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ ÎN ROMÂNIA*

HORIA-NICOLAI TEODORESCU (coordonator)

ANII DE ÎNCEPUT (1960–1975)

Horia-Nicolai Teodorescu

După aproape 70 de ani de la apariție, domeniul *inteligenței artificiale* (IA) este încă vag definit, cu conținut în continuă schimbare. Această situație nu este singulară și se regăsește aproape în toate cazurile de demarare a unei noi specialități. Dacă în anii de început, 1956–1975, procesarea primară a limbajului natural și a imaginilor erau două dintre preocupările de bază¹, iar înțelegerea vorbirii încă părea extrem de departe ca posibilitate de realizare, acum aceste problematice sunt eclipsate de analiza rețelelor de socializare, rezolvarea problemelor de strategie, analiza sentimentelor, diagnosticul automat, recunoașterea de imagini, interpretarea secvențelor video și mașinile autonome.

Dezvoltarea IA în România a început în anii '60 ai secolului trecut și a devenit vizibilă mai semnificativ în anii '70. Interesul inițial a venit dinspre matematică, pe de o parte și de la teoria sistemelor și cibernetică, pe de altă parte. Dinspre matematică, interesul lui Grigore C. Moisil² pentru logicile multivalente și pentru calculatoare au fost fermentul. Încă din 1938, Moisil dezvoltase elemente teoretice ale raționamentului bazat pe logici multivalente; el a fost primul care să scrie un manual despre logica fuzzy, pentru cursul pe care l-a ținut în Italia în 1971³; moartea sa, în 1973, a făcut ca acel volum să fie publicat abia în 1976 într-o ediție limitată. Prieten al lui Lotfi A. Zadeh și susținător al teoriei mulțimilor și logicii fuzzy propuse de Zadeh, Moisil a încurajat direcția la noi în țară, iar volumul

* Concepție, editare, îngrijire Horia-Nicolai Teodorescu. Au colaborat: Vasile Apopei, Tudor Barbu, Bogdan Brânzilă, Corneliu Burileanu, Iulian Ciocoiu, Hariton Costin, Dan Cristea, Inge Gavăț, Marian Petrescu, Radu-Emil Precup, Gheorghe Tecuci, Dan Tufiș.

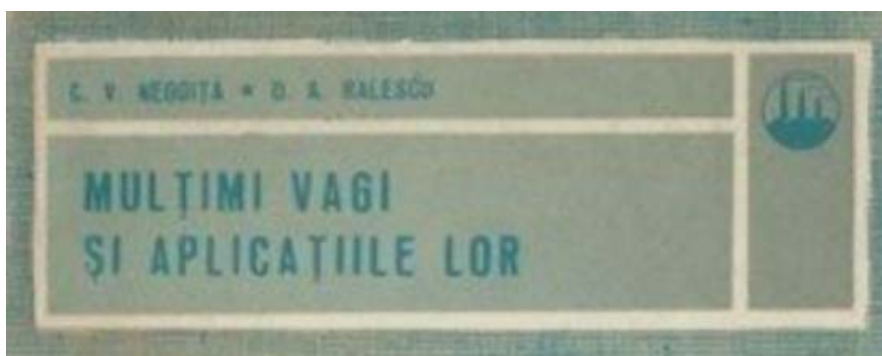
¹ Există multiple apropieri între domeniul ciberneticii și, cel mai recent, al I.A. V. de exemplu Kevin Warwick, *The Future of Artificial Intelligence and Cybernetics*, MIT Technology Review, 2016. <https://www.technologyreview.com/s/602830/the-future-of-artificial-intelligence-and-cybernetics/>.

² 10 ian. 1906, Tulcea – 21 mai 1973, Ottawa, Ontario, Canada.

³ HN Teodorescu, *Fuzzy Systems in Romania in the context of Balkans and of Europe*, J. of the Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, Vol. 4 no. 5, pp. 842–846.

*Mulțimi vagi și aplicațiile lor*⁴ de Constantin V. Negoită și Dan Ralescu a fost al doilea publicat în domeniu în lume⁵.

Prelegerile lui Grigore Moisil la radio și articolele sale din presă au avut cert un rol în a promova domeniul calculatoarelor și „mașina inteligentă” în viziunea publicului și mai ales a tinerilor, la sfârșitul anilor '60. Din combinarea eforturilor ciberneticienilor (Edmond Nicolau) și a școlii lui Grigore C. Moisil a apărut și orientarea spre lingvistica computațională.



Volumul publicat de C.V. Negoită și D. Ralescu din 1974.

Pe o altă direcție, legată de cibernetică, s-au încadrat contribuțiile⁶ lui Edmond Nicolau⁷, despre care J. Rose, editor al revistei *Robotics*, spunea *His books ... dealt with cybernetics, systems, mathematical linguistics, modelling in science, artificial intelligence etc.*, iar la granițele dintre I. A. și cibernetică, diversele contribuții ale Marianeii Beliș, inclusiv volumul *Mecanisme Inteligenței*⁸. Edmond Nicolau a acoperit o vastă problematică: de la structura vocalelor (Edmond Nicolau, *On Vowels' Structure*, *Revue roumaine de linguistique*, XXVII, 3, p. 265, Editura Academiei, 1982), la probleme generale de lingvistică (Edm. Nicolau, *Langage et strategie*. *Cahiers de linguistique théorique et appliquée*, 1, 153–179, 1962), la lingvistica matematică, alături de Solomon Marcus și Sorin Stati⁹ (*Introducere în lingvistica matematică* – S. Marcus, Edm. Nicolau, S. Stati, Editura Științifică, București, 1966, 333 pagini), la dinamica haotică¹⁰. Mariana Beliș are

⁴ Edit. Tehnică, București, 1974.

⁵ Primul volum a apărut în 1973 în Franța și a avut ca autor pe Arnold Kaufmann, A. Kaufmann, *Introduction à la Théorie des Sous-Ensembles Flous a l'usage des ingénieurs*, Vol. 1, *Eléments Théoriques de Base*, Masson, Paris, 1973.

⁶ J. Rose, *Obituary (Professor Edmond Nicolau)*, *Robotica* (1997) vol. 15, p. 240. 1997 Cambridge University Press.

⁷ 3 iun. 1922, Brăila, 2 sept. 1996, București.

⁸ Mariana Beliș, *Mecanisme Inteligenței*, Edit. Științifică și Enciclopedică, București, 1978, 204 p.

⁹ Sorin Stati a publicat interesante lucrări de semantică, precum S. Stati, *La sémantique des adjectifs en langues romanes*. Paris, Éditions Jean-Favard, 1979, dar și de gramatică, S. Stati, *Teorie și metodă în sintaxă*, 1967, Acad. Republicii Socialiste România.

¹⁰ Edm. Nicolau, A.T. Murgan, M.A. Pascadi, M.V. Pascadi, (1989) *On the Phase Portrait of a Multistable System*, *Kybernetes*, Vol. 18, Issue 3, pp. 58–60, <https://doi.org/10.1108/eb005821>.

contribuții remarcabile la acea vreme la teoria informației¹¹ și la teoria semanticii limbajului¹², printre altele.

O cu totul altă cale, aplicativă și organizatorică, a fost inițiată în 1966 de Mihai Drăgănescu împreună cu matematicianul Nicolae Teodorescu, apoi în 1967 de Mihai Drăgănescu împreună cu M. Petrescu, N. Costake, V. Iancovici și N. Sucitulescu; aceștia au elaborat și propus conducerii statului *Programul de dotare a economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și de automatizarea prelucrării datelor* (1967). Mihai Drăgănescu a fost, între 1967 și 1971, „Secretar permanent al Comisiei guvernamentale pentru dotarea economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și automatizarea prelucrării datelor”¹³. Între 1967 și 1975, această Comisie guvernamentală¹⁴ a coordonat constituirea unei rețele de centre de calcul ministeriale și teritoriale, a unor fabrici de echipamente de calcul, de automatizare și de dispozitive electronice, precum și a unor rețele suport (întreprinderi de reparare a echipamentelor de calcul); în mare măsură, toate acestea foloseau licențe și linii de fabricație importate din Franța. După insistențele lui Mihai Drăgănescu, care în 1970 intervine pentru înființarea Institutului Central de Informatică (actual ICI), institutul este înființat în București; între 1976 și 1985 Mihai Drăgănescu a fost director general al Institutului Central pentru Conducere și Informatică (precursor al ICI). Aceste eforturi organizatorice au permis apariția mai multor grupuri de interese legate de IA în mai multe centre universitare din țară. Dar dincolo de aceasta contribuție organizatorică, Mihai Drăgănescu a inițiat și o cercetare originală, concretizată în ceea ce a denumit „electronica funcțională”; în fapt, era un adevărat program de dezvoltare de concepte de sisteme la nivel de circuit¹⁵, sisteme care să rezolve probleme ce necesită și un aport de inteligență. Această abordare, care nu era străină de cibernetică și de IA, era expusă, într-un curs facultativ, studenților de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații din București, încă din 1974¹⁶.

Continuările și consecințele acestor dezvoltări inițiale, de până în 1975 (circa), sunt expuse în detaliu în secțiunile următoare. Subdomeniile IA a căror

¹¹ Beliș, M. and S. Guiașu. (1968). „A Quantitative-Qualitative Measure of Information in Cybernetics Systems”. IEEE Trans. on Information Theory, 14(4), 593–594.

¹² Beliș, M. (1975), „A theory of semantic communication”, în J. Rose, C. Bilciu (eds.), Modern trends in Cybernetics and Systems. Vol. 3, Berlin: Springer, pp. 263–271.

¹³ Mihai Drăgănescu, *Cronologia activităților în domeniul informaticii*. <http://www.racai.ro/media/MDcroinf.pdf>. (Accesat 12 apr. 2018).

¹⁴ Ibidem V. și Ștefan Iancu, Mihai Drăgănescu, *Promotor al revoluției informatice în România. Studii și Comunicări* vol. V (2012), p. 113–31, www.crifst.ro/studii/doc/2012/2012_2_02.pdf.

¹⁵ Într-un sens, cel mai apropiat termen actual ar putea fi ‘system-on-chip’.

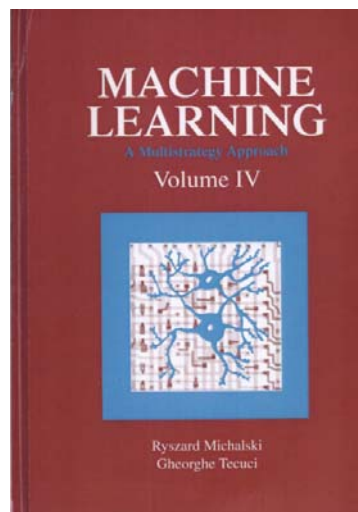
¹⁶ Autorul a fost student înscris la acel curs. Deși Mihai Drăgănescu avea mai multe funcții în acea perioadă și nu a venit să susțină toate prelegerile, autorul acestor rânduri a participat la mai multe asemenea prelegeri susținute chiar de prof. Drăgănescu. Paginile web <http://www.racai.ro/media/MDcroinf.pdf> și <http://www.racai.ro/media/CronologieElectronica.pdf>, care includ un CV și un CV extins (pare-se, scrise chiar de M. Drăgănescu după anul 2000), dau greșit anul 1978 ca an de început pentru acel curs. Pot certifica susținerea cursului în 1974. Cred că țin minte că acel curs fusese predat și în anul precedent.

evoluție este analizată sunt: agenții inteligenți și ingineria cunoștințelor (*knowledge engineering / intelligent agents*), autor Gheorghe Tecuci, procesarea limbajului natural (NLP), cu referiri și la limbajul vorbit, autori Dan Tufiș, Dan Cristea, o altă perspectivă asupra tehnologiei semnalului vocal, autori Inge Gavăt, Corneliu Burileanu, rețelele neuronale artificiale, de Iulian Ciocoiu, „*soft computing*”, autor Radu-Emil Precup, *circuite pentru IA*, de Gheorghe M. Ștefan, aplicațiile inteligenței artificiale în medicină și biologie, de Hariton Costin și înțelegerea și interpretarea imaginilor și filmelor (video), de Tudor Barbu și Vasile Apopei. O scurtă incursiune în preocupările în IA ale firmelor active în România și o scurtă prezentare a unor reviste în domeniul IA publicate în România încheie capitolul. Nu sunt acoperite distinct unele subdomenii precum recunoașterea formelor, aplicațiile în IA ale dinamicii neliniare, sisteme cu autoorganizare și viața artificială (*artificial life*), comportamente colective (artificiale) și altele. La unele dintre aceste direcții se fac scurte referiri în subcapitolele menționate.

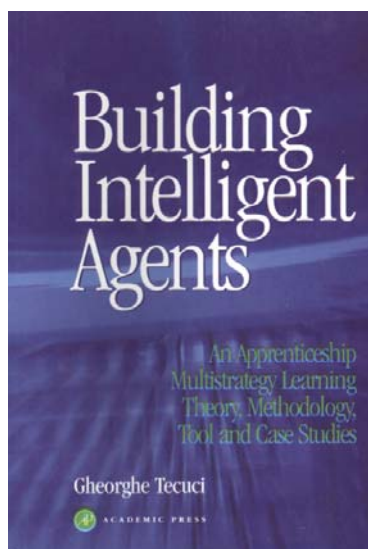
AGENȚI COGNITIVI INSTRUIBILI ȘI INGINERIA CUNOȘTINȚELOR

Gheorghe Tecuci

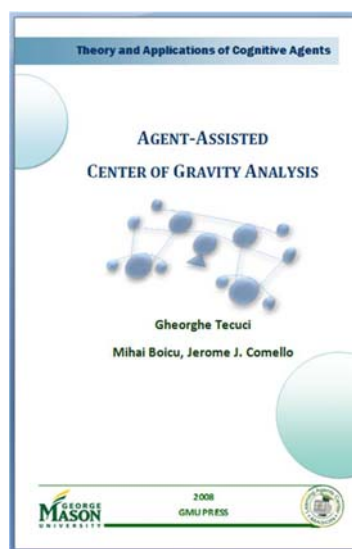
Cercetarea românească are priorități internaționale în domeniul agenților cognitivi instruibili și a ingineriei cunoștințelor. Aceste cercetări au debutat la a începutul anilor 1980 la Institutul Central pentru Conducere și Informatică (ICI) din București. Sistemele expert deveniseră una dintre aplicațiile de cel mai mare succes al inteligenței artificiale, dar aplicarea lor generalizată în toate domeniile de activitate era frânată de dificultatea achiziției cunoștințelor experților. În cadrul ICI s-a inițiat o abordare originală a achiziției cunoștințelor bazată pe învățarea multistrategică ceea ce, în paralel, a condus la dezvoltarea domeniului învățării multistrategice cu numeroase publicații de referință (Tecuci G., *Disciple: A Theory, Methodology and System for Learning Expert Knowledge*, Thèse de Docteur en Science, Université de Paris-Sud, 1988; Tecuci G. (ed.), *Special Issue of Informatica on Multistrategy Learning*, The Slovene Society Informatika, 1993; Michalski R., Tecuci G. (ed.), *Proceedings of the First and of the Second International Workshops on Multistrategy Learning*, GMU Center for Artificial Intelligence, 1991, 1993; *Multistrategy Learning*, Morgan Kaufmann, 1994).



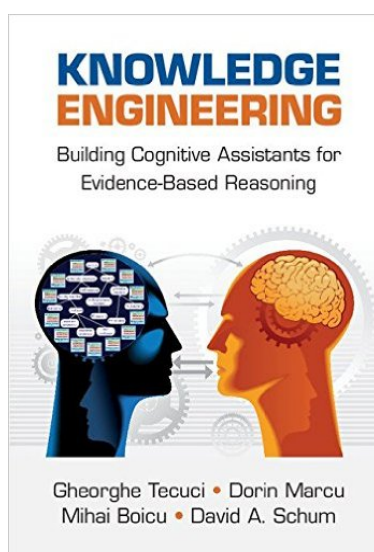
R.S. Michalski, George Tecuci,
*Machine Learning: A Multistrategy
Approach, Vol. IV*, Morgan
Kaufman, 1994.



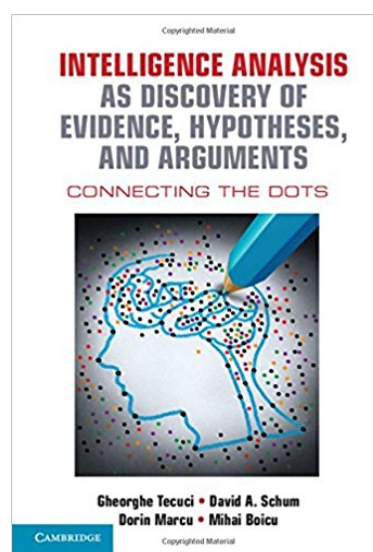
G. Tecuci, *Building Intelligent Agents: An Apprenticeship, Multistrategy Learning Theory, Methodology, Tool and Case Studies*, Academic Press, 1998.



G. Tecuci, M. Boicu, J. Comello, *Agent-Assisted Center of Gravity Analysis*, George Mason University Press, 2008.



G. Tecuci, D. Marcu, M. Boiu, D.A. Schum, *Knowledge Engineering: Building Cognitive Assistants for Evidence-based Reasoning*, Cambridge University Press, 2016.



G. Tecuci, D.A. Schum, *Intelligence Analysis as Discovery of Evidence, Hypotheses, and Arguments: Connecting the Dots*. 2016. Cambridge University Press, 2016

După 1990, cercetările în domeniul agenților cognitivi instruibili și ingineriei cunoștințelor au continuat la Academia Română în cadrul Institutului de Cercetări pentru Inteligența Artificială „Mihai Drăgănescu” și la Universitatea George Mason

(US). Sunt de menționat rezultate în integrarea învățării automate și a achiziției de cunoștințe (G. Tecuci, S. Kedar, Y. Kodratoff [editori], *Special Issue of the Knowledge Acquisition Journal on the Integration of Machine Learning and Knowledge Acquisition*, Academic Press, 1994; G. Tecuci, Y. Kodratoff [editori], *Machine Learning and Knowledge Acquisition: Integrated Approaches*, Academic Press, 1995), agenții instruibili (G. Tecuci, *Building Intelligent Agents: An Apprenticeship Multistrategy Learning Theory, Methodology, Tool and Case Studies*, Academic Press, 1998), raționamentele cu inițiativă mixtă (G. Tecuci, M. Boicu, M.T. Cox [editori], *Special Issue of the AI Magazine on Mixed- Initiative Assistants*, AAAI Press, 2007), analiza centrelor de greutate (G. Tecuci, M. Boicu, J. Comello, *Agent-Assisted Center of Gravity Analysis*, George Mason University Press, 2008).

Rezultate semnificative ulterioare în teoria și practica ingineriei cunoștințelor, inclusiv dezvoltarea unei teorii computaționale a raționamentelor bazate pe evidență, permit dezvoltarea de agenți capabili să învețe direct de la experții umani, să asiste atât pe specialiști cât și pe nespecialiști în rezolvarea de probleme și în luarea deciziilor, și să-i învețe pe studenți (G. Tecuci, D. Marcu, M. Boicu, D.A. Schum, *Knowledge Engineering: Building Cognitive Assistants for Evidence-based Reasoning*, Cambridge University Press, 2016; G. Tecuci, D.A. Schum, D. Marcu, M. Boicu, *Intelligence Analysis as Discovery of Evidence, Hypotheses, and Arguments: Connecting the Dots*, Cambridge University Press, 2016).

Mediile de dezvoltare a agenților cognitivi instruibili rezultate în urma acestor cercetări (de exemplu Disciple-EBR) permit studenților, specialiștilor și cercetătorilor să dezvolte rapid asistenți cognitivi în diverse domenii ce necesită raționamente bazate pe evidență, inclusiv analiza informațiilor, securitatea cibernetică, medicină și educație.

Firul director al acestor cercetări, începute în anii 1980 la Institutul de Cercetări în Informatică și continuate la Institutul de Cercetări pentru Inteligența Artificială „Mihai Drăgănescu” al Academiei Române și la Universitatea George Mason, este crearea unei teorii și tehnologii computaționale pentru dezvoltarea agenților cognitivi folosiți ca o extensie a capacităților umane de raționament, prin integrarea naturală și sinergetică a abilităților complementare ale omului și calculatorului. Aceste cercetări contribuie la o nouă revoluție în știința calculatoarelor, permițând utilizatorilor să-și dezvolte asistenți cognitivi ce le încorporează expertiza și îi ajută să facă față cerințelor crescânde ale unei societăți din ce în ce mai complexe.

PROCESAREA LIMBAJULUI NATURAL (NLP) ÎN ROMÂNIA

Dan Cristea, Dan Tufiș

PRIMELE CERCETĂRI ÎN DOMENIUL LIMBAJULUI NATURAL

Institutul Central pentru Conducere și Informatică (ICI) a reprezentat, începând cu sfârșitul anilor '70, creuzetul cercetărilor instituționale în domeniul inteligenței artificiale în România: (Mihai Drăgănescu, Postfață la volumul *Inteligența artificială și robotica*, Editura Academiei Republicii Socialiste România, pp. 387–389).

Primele realizări în domeniul prelucrării limbajului natural în România s-au îndreptat către crearea de sisteme de întrebare-răspuns în limba română. Două astfel de sisteme, numite SDLR și respectiv SIRLIN, au fost realizate la ICI în anii 1981–1982 (Tufiș, 1983), (Milea, 1982). Ambele sisteme, implementate pe minicalculatoare PDP-11, erau bazate pe mecanisme de *pattern matching* parametrizat cu prelucrări lingvistice primitive, de interes educațional.

În 1983, la ICI, Dan Tufiș și Dan Cristea, care erau detașați temporar de la Universitatea „Alexandru Ioan Cuza” din Iași (UAIC) au realizat prima versiune a sistemului IURES¹⁷ (Tufiș & Cristea, 1985), un mediu interactiv de construire a sistemelor de dialog în limbaj natural. Cunoștințele lingvistice în IURES erau modelate prin gramatici semantice, iar cele relative la universul de discurs erau codificate prin rețele semantice partiționate pe nivelurile conceptual (intensiv) și referențial (extensiv). Răspunsurile la întrebări erau obținute prin navigare în această rețea elaborată manual. Primele aplicații de dialog în limba română construite cu sistemul IURES apar în 1984 și 1985: IURES-BNP (având ca domeniu de discurs Biblioteca Națională de Programe, gestionată de ICI), IURES-PROGNO (pentru realizarea de prognoze tehnologice, în colaborare cu Adrian Toia de la Institutul de Cercetări Metalurgice), IURES-FLARO (la baza de date de personal a fabricii FLARO-Sibiu). O versiune îmbunătățită a sistemului IURES¹⁸ (Dan Tufiș și Octav Popescu), implementată în TC-LISP¹⁹ a fost omologată în 1988 și exportată în URSS, fiind folosită la biblioteca de programe de la Institutul Central de Programe din Tver.

Tot în anii '80 apar și primele interfețe în limba română la sisteme de baze de date existente pe calculatoarele epocii (mini și microcalculatoare). QUERNAL (Cristea *et al.*, 1985) a reprezentat o interfață la sistemul DATATRIEVE, care rula pe sistemul de operare RSX-11M de pe minicalculatoarele PDP11. Prelucrarea lingvistică primară, asemănătoare cu cea din IURES, era urmată de o interpretare ghidată de structura conceptuală a bazei de date și care producea o reprezentare semantică a cererii de informație într-un limbaj intermediar QRL (*Query Representation Language*), un limbaj independent de limbajul de interogare al bazei de date suport. Introducerea nivelului intermediar QRL avea rațiunea oferirii calității de portabilitate față de diferite sisteme de gestiune a bazelor de date (relaționale). Un modul care era dependent de sistemul de gestiune gazdă asigura traducerea din QRL în limbajul de interogare al bazei de date. Sistemul a fost folosit în mai multe aplicații (la o bază de date geografice, utilizată într-o aplicație a Institutului de Hidrologie din Iași și în baza de date a Întreprinderii de Foraj–Extracție Moinești).

O altă interfață pentru limba română a fost SINAL (Toma & Săftoiu, 1987), permițând interogarea bazelor de date DBASE (foarte populare în perioada respectivă)

¹⁷ *Înțeleg Ușor Românește Eliminând Sintaxa*, sau, în engleză *I Understand and Reply Eliminating Syntax*.

¹⁸ Dan Tufiș, *IURES2: A System to Aid in Building Natural Language Interfaces*, in Proceedings of the International Conference on Advanced Dialog Systems and Natural Language Understanding, Suwalki, 1987.

¹⁹ Dan Tufiș, Gheorghe Tecuci, Dan Cristea. *TC-LISP pentru minicalculatoare (CORAL, INDEPENDENT). Sisteme de I.A (IURES, QUERNAL, DISCIPL pe TC-LISP*, Editura Tehnică, 272 p., București, 1987 (vol. 2).

de pe micro-calculatoare. Deși sistemele SINAL și QUERNAL au avut succes comercial încă de la lansarea lor, după anii '90, odată cu generalizarea utilizării de calculatoare personale, ele nu au mai fost întreținute și au fost abandonate.

Tot în perioada anilor '80 apăruseră primele rezultate experimentale de recunoaștere automată a cuvintelor izolate, pronunțate în limba română, la Academia Militară (Eugeniu Oancea), la Facultatea de Electronică a Politehnicii bucureștene (Corneliu Burileanu, Grigore Stolojanu ș.a.) și la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași (Horia-Nicolai Teodorescu, Roman Sireșchi).



Un grupaj de postere ale seriei de Școli de Vară EUROLAN (inițiată în 1993).

Pregătirea științifică în domeniile inteligenței artificiale a fost complementată după 1990 prin organizarea în România de școli de vară tematice, cu participarea unor lectori celebri din străinătate. Astfel, în 1993 a fost organizată de către Dan Cristea de la UAIC în colaborare cu LIMSI-CNRS și LIFL de la l'Université de Lille 1, Villeneuve d'Ascq, prima Școală de Vară EUROLAN având ca tematică *Traitement du Langage Naturel et Programmation Logique*. Școlile de Vară EUROLAN au continuat regulat, la fiecare doi ani în 13 ediții până acum (a se vedea istoricul lor la http://eurolan.info.uaic.ro/2017/previous_editions.html), aducând în fața celor peste 1 000 de participanți mai mult de 100 de mari profesori din întreaga lume (Marea Britanie, Australia, Austria, Bulgaria, Canada, China, Elveția, Franța, Germania, India, Italia, Japonia, Letonia, Malta, Olanda, Portugalia, Slovenia, Spania, SUA, Ungaria și, desigur, din România).

Totodată, masteratele de Lingvistică Computațională de la UAIC și de la Universitatea București au contribuit la formarea de specialiști în acest domeniu.

După anul 1990 orientarea cercetării internaționale spre analiza și prelucrarea volumelor mari de date și a paradigmei de învățare automată din date începe să se manifeste și în România mai ales în domeniile limbajului natural, traducerii automată, clasificării documentelor, prelucrării vorbirii și a imaginilor.

RESURSE LINGVISTICE ȘI CORPUSURI COMPUTAȚIONALE

În România, interesul pentru resurse lingvistice standardizate și lingvistica corpusului începe să se dezvolte odată cu participarea la proiectele europene. Primele corpusuri, adnotate conform cu standardele și practicile internaționale (CES, XCES, TEI, EAGLES), corpusuri paralele multilingve în care este inclusă și limba română, au fost create în cadrul proiectelor europene MULTEXT-EAST, TELRI I și TELRI II. O implementare standardizată a dicționarului de referință pentru limba română (DEX) s-a realizat în cadrul proiectului CONCEDE (1997–2000), iar nucleul ontologiei lexicale pentru limba română (ROWordNet) a fost creat în cadrul proiectului BalkaNet (2001–2004). Specificarea morfo-lexicală a adnotărilor standardizate pentru limba română s-a realizat în cadrul grupului de experți europeni EAGLES (*Expert Advisory Group on Language Engineering Standards*), reprezentantul pentru România fiind Dan Tufiș. Beneficiind de coordonarea unora dintre cei mai renumiți specialiști din lume (John Sinclair, Adam Kilgarriff, Nancy Ide, Antonio Zampolli, Nicoletta Calzolari, Christiane Fellbaum, Piek Vossen ș.a.) corpusurile, lexicoanele și ontologia lexicală de limbă română (ROWordNet), precum și instrumentele create pentru prelucrarea lor²⁰ (LINGUASTAT, QTAG, TTAG, WN-Builder, WN-Correct, DIAC+, TTL, TREQ-AL, YAWA, MEBA ș.a.), au avut un rol esențial în dezvoltarea ulterioară a cercetărilor în domeniul prelucrării limbii române.

Un proiect european important, care a avut ca obiectiv crearea unitară de resurse lingvistice și instrumente de prelucrare automată a corpusurilor pentru toate limbile Uniunii Europene, a fost METANET, prin care au fost puse la dispoziția celor interesați peste 100 de resurse și instrumente pentru limba română²¹.

Dezvoltarea de resurse lexicale pentru limba română a fost obiectivul central al proiectului național eDTLR (Cristea *et al.*, 2011), efort concertat al informaticienilor și lingviștilor români de transpunere într-un format standardizat (TEI) exploatabil pe calculator al marelui dicționar tezaur al limbii române. Soluțiile tehnice originale pentru rezolvarea acestei remarcabile realizări a lexicografiei computaționale românești au deschis noi perspective de cercetare pentru lexicografii profesioniști. Un proiect complementar, de anvergură națională, este cel de realizare a corpusului de referință al limbii române contemporane (CoRoLA), proiect început în anul 2014 și a cărei primă etapă a fost finalizată în decembrie 2017 printr-o lansare publică a unui corpus de peste un miliard de cuvinte scrise sau rostite (Tufiș *et al.*, 2016, Barbu-Mititelu *et al.*, 2018). Proiectul CoRoLa se desfășoară în paralel și în confluență cu proiectele DRuKoLa (Cosma *et al.*, 2016) și EuReKo (Kupietz *et al.*, 2017), proiecte coordonate de Institutul pentru Limba Germană din Mannheim.

Lipsa în România a infrastructurilor de cercetare socioumane (de tipul CLARIN-ERIC sau DARIAH) este doar parțial compensată de dezvoltarea DRuKoLa și posibil de EuReKo.

²⁰ Dan Tufiș, Radu Ion, Alexandru Ceaușu, Dan Ștefănescu. *RACAI's Linguistic Web Services*. In Proceedings of the 6th Language Resources and Evaluation Conference – LREC 2008, Marrakech, Morocco, May 2008. ELRA – European Language Resources Association. DOI:10.13140/2.1.1845.5842.

²¹ A se vedea paginile MetaShare la adresele <http://ws.racai.ro:9191/> și <http://metashare.info.uaic.ro/repository/search/>

Traducerea automată, domeniu în care specialiști români realizau experimente promițătoare la începutul anilor '60 (Erika Domokoş) a revenit între preocupările cercetării românești abia după anul 2000 (proiectul STAR). Alinierea corpusurilor paralele, extragerea de dicționare de traducere din corpusuri paralele sau comparabile, sistemele de întrebare-răspuns și regăsire interlinguală a informației au fost subiecte ale cercetărilor românești de vârf, cu realizări remarcabile, soluțiile tehnice realizate de specialiștii români câștigând mai multe competiții internaționale organizate la mari conferințe ale domeniului (ACL, EACL, NAACL, CLEF ș.a.). Proiectul european ACCURAT, având ca obiectiv extragerea de texte paralele din corpusuri comparabile, pentru antrenarea sistemelor de traducere statistică, s-a bazat într-o măsură substanțială pe rezultatele anterioare obținute de specialiștii români în alinierea corpusurilor multilinguale.

Grupuri de cercetare românești în tehnologiile vorbirii

Toate grupurile de cercetare românești menționate în cele ce urmează sunt constituite din cercetători postdoctoranzi, doctoranzi, cadre didactice, încorporând uneori și studenți talentați aflați în programe de masterat sau licență.

*Laboratorul de cercetări în vorbire și dialog (Speech & Dialogue Research Laboratory)*²² funcționează încă din 1984 în cadrul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației a Universității „Politehnica” din București și este coordonat de Corneliu Burileanu. Colectivul a abordat de-a lungul anilor teme dedicate recunoașterii și sintezei automate a vorbirii, recunoașterii vorbitorului, indexării și regăsirii informațiilor în documente vocale, modelelor de limbă vorbită, prelucrării semnalelor digitate etc. Dintre proiectele și aplicațiile dezvoltate în ultimii ani pot fi amintite: sistem de asistență vocală controlată pentru clădiri inteligente, analiza fonetică a limbii române, sistem de recunoaștere automată a limbajului copiilor, serviciu de dictare în limba română etc. Echipa coordonată de C. Burileanu organizează (în colaborare) seria de conferințe *Speech Technology and Human-Computer Dialogue (SpeD)*²³, care, în august 2017, a ajuns la a 9-a ediție.

Grupul de cercetare de la Institutul de Informatică Teoretică (IIT) al Filialei Iași a Academiei Române (coordonator Horia-Nicolai Teodorescu) lucrează cu predilecție în analiza prozodiei românești, în analiza sentimentelor comunicate involuntar prin acte de vorbire, în bioingineria tractului vocal și a patologiilor de vorbire. Grupul ține la zi o semnificativă colecție de înregistrări vocale dublate de metadata S-RoL²⁴ (fișiere cu sunete de bază, înregistrări ale unor propoziții sau



HN Teodorescu, L. Buchholtzer, C. Poşa. *Comunicarea orală om-mașină*. Ed. Tehnică, 1986.

²² <https://speed.pub.ro/>

²³ <http://www.sped2017.ro/>

²⁴ http://www.etc.tuiasi.ro/sibm/romanian_spoken_language/index.htm

segmente frazale cu încărcătură emoțională, voci cu patologii, precum și documentații și instrumente de prelucrare).

Grupul coordonat de Mircea Giurgiu, de la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Departamentul de Comunicații²⁵, s-a implicat în realizarea de resurse digitale de vorbire, dicționare vorbite, segmentarea vorbirii, alinierea semnalului vocal cu textul, recunoașterea și sinteza vorbirii, detectarea accentului lexical, prosodia și intonația, eliminarea zgomotului în vorbire etc. Abordările utilizează lanțuri Markov ascunse, învățare automată parțial supravegheată și nesupravegheată etc. Dintre proiecte și realizările lor pot fi amintite: SWARA (PN II) – un corpus paralel vorbire–text, SIMPLE4ALL (PC7), Sound2Sense (Marie Curie), MaRePhoR – dicționar fonetic românesc, RSS-TOBI – corpul de prosodie a limbii române (în colaborare cu ICIA). Grupul formează doctoranzi în tehnologiile vorbirii și coordonează un masterat în tehnologii multimedia.

Grupuri de cercetare românești în tehnologiile limbii scrise

Grupul de limbaj natural de la Institutului de Cercetări în Inteligență Artificială „Mihai Drăgănescu” al Academiei Române (ICIA) este condus de Dan Tufiş; abordările grupului includ întreaga panoplie de modele ale domeniului, de la simbolice până la statistice și neuronale²⁶. Au fost menționate mai sus o seamă de colecții de date dezvoltate la ICIA sau în colaborare în consorții: RoWordNet și CoRoLa (ambele în colaborare cu NLP-Group@UAIC-FII), corpusuri adnotate, instrumente pentru prelucrări lexicale, subsintactice și sintactice aplicabile limbii române, modele și tehnologii de traducere automată, tehnologii ale vorbirii etc.

Grupul coordonat de Solomon Marcus, de la Facultatea de Matematică și Informatică a Universității București²⁷, a avut preocupări clasice în lingvistica matematică (Marcus, 1966; Marcus *et al.*, 1966) și poetica matematică (Marcus, 1970). După dispariția lui Solomon Marcus, grupul a continuat să lucreze sub conducerea lui Liviu P. Dinu, modelele utilizate, cu precădere cantitative (inclusiv învățare automată) și multicriteriale, orientându-se spre: umanioare digitale, studii fonologice, semantică formală și distributivă, identificarea autorului, detectarea plagiatului, crearea unui WordNet românesc și dezambiguizarea sensurilor cuvintelor în regăsirea informațiilor. Printre resursele și aplicațiile create pot fi amintite: un corpus de texte native și non-native românești, seturi de date de limbă, contribuție la elaborarea WordNet-ului englezesc (Miller and Hristea, 2006) și românesc, angajare în elaborarea seturilor de date de dezambiguizare a sensurilor în SENSEVAL-3, instrumente de simplificare a textului, detectarea accentului în limba română, identificarea autorului etc. Printre evenimentele organizate se numără *Seminarul Solomon Marcus*, dedicat problematicii lingvisticii matematice și computaționale, precum și recent inițiată serie de conferințe *Recent Advances in Artificial Intelligence*.

Echipa K-Teams (*Computer Supported Collaborative Knowledge Construction Laboratory*)²⁸, găzduită de Facultatea de Automatică și Calculatoare a Universității

²⁵ <http://speech.utcluj.ro/>

²⁶ <http://www.racai.ro/toos/>, <http://www.racai.ro/tools/text/rowordnet/>, <http://corola.racai.ro>.

²⁷ <http://nlp.unibuc.ro/>

²⁸ <https://cs.pub.ro/index.php/83-laboratories/274-k-teams-computer-supported-collaborative-knowledge-construction-laboratory>.

Politehnica din București, condusă de Ștefan Trăușan-Matu, abordează probleme ale limbii scrise, analiza discursului (cu precădere *chat*-uri), recunoașterea sentimentelor, intertextualitate, modele de propagare a opiniei în rețelele sociale, web semantic etc., cu abordări de natură statistică și neuronală. Grupul a construit un corpus de conversații online (*chat*) și un corpus textual de 63 milioane de cuvinte. Printre cele mai semnificative instrumente create la K-Teams se numără: PolyCAFe – o platformă de analiză de chat-uri și ReaderBench – platformă multifuncțională pentru mineritul datelor și analiza discursului pentru limbile română, engleză, franceză, olandeză și latină. Evenimentele organizate de grup sunt: K-Teams – Workshop privind construirea de cunoștințe colaborative în echipele virtuale (2007–2017), DS-CSCL – Workshop internațional privind designul și spontaneitatea în învățarea colaborativă susținută de calculator și RoCHI – Conferința română asupra interacțiunii om-calculator.

NLP-Group@ARFI-IIT și NLP-Group@UAIC-FII²⁹ sunt două grupuri care lucrează în tandem la Institutul de Informatică Teoretică din Filiala Iași a Academiei Române și, respectiv, Facultatea de Informatică a UAIC, ambele fiind conduse de Dan Cristea. Colaborările inițiate în aceste două grupuri includ lingviști (de la Institutul „Al. Philippide” al Filialei Iași a Academiei Române și Facultatea de Litere a UAIC) și informaticieni (de la ICIA București și Institutul de Matematică-Informatică din Chișinău). Domeniile de interes sunt: analiza textului scris, construcția de resurse, probleme de segmentare, morfologie, sintaxă, structură de discurs, rezoluție anafora, rezumare automată, analiza sentimentelor etc. Abordările lor sunt de natură simbolică, statistică și neuronală. Dintre resursele construite, au fost deja menționate Ro-WN (în colaborare cu ICIA), eDTLR – forma electronică a marelui dicționar tezaur al limbii române (în colaborare cu ICIA, Institutul Philippide de la Iași, Institutul de Lingvistică „Iorgu-Iordan” al Academiei Române, Institutul de Lingvistică și Istorie Literară „Sextil Pușcariu” al Filialei Cluj-Napoca a Academiei Române și Facultatea de Litere din UAIC), CoRoLa (în colaborare cu ICIA), UAIC-RoTB – un treebank românesc care are la bază modelul gramaticilor de dependență, RoFrameNet – o colecție de roluri semantice (Trandabăț, 2009), QuoVadis – corpusul adnotat de mențiuni de personaje și relații semantice al romanului Quo Vadis de Henryk Sienkiewicz (Cristea *et al.*, 2015) etc. Toate instrumentele și colecțiile de date lingvistice dezvoltate de aceste grupuri sunt oferite liber cercetătorilor³⁰: lanțul de tokenizare + etichetare la parte de vorbire + lematizare (Simionescu, 2011), *Graphical Grammar Studio* (Simionescu, 2016) – un mediu de dezvoltare grafică și exploatare a gramaticilor computaționale, segmentator de grupuri nominale, parser sintactic în formalismul gramaticilor funcționale, rezolvitor de anafore, parser de discurs etc. Evenimentele organizate de acest grup sunt: seria de școli de vară în prelucrarea limbajului natural EUROLAN (menționată mai sus), seria conferințelor anuale *Resurse și instrumente lingvistice pentru limba română* (din 2001) și noile serii de workshopuri MEDA și FUTURITY, afiliate unor conferințe de cel mai înalt rang.

²⁹ <http://nlptools.info.uaic.ro/>

³⁰ <http://nlptools.info.uaic.ro/>



Colecția de volume ale conferințelor
Resurse lingvistice și instrumente pentru prelucrarea limbii române.

Cercetări în NLP se desfășoară și în alte centre universitare din țară, cunoscute datorită publicațiilor unor cercetători-profesori care lucrează mai mult sau mai puțin izolați. Sunt apreciate abordările statistice asupra lexicului limbii române întreprinse de Adriana Vlad la Universitatea Politehnică București, apoi abordările formale și cantitative de semantică computațională inițiate în grupul Doina Tătar, încă activ până acum câțiva ani la Facultatea de Matematică și Informatică a Universității „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca, grup din care s-au desprins absolvenți care și-au câștigat ulterior un renume internațional în acest domeniu (Daniel Marcu, Rada Mihalcea, Constantin Orăsan, Vivi Năstase), precum și anumite cercetări întreprinse în contextul unor teze de doctorat derulate la Universitatea de Vest din Timișoara și Universitatea din Craiova.

BIBLIOGRAFIE

- Tufiș D., Mititelu V. Barbu, Irimia E., Dumitrescu Ș. D., Boroș T., *The IPR-cleared Corpus of Contemporary Written and Spoken Romanian Language*. In Proc. Tenth Int. Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016), European Language Resources Association (ELRA), ISBN: 978-2-9517408-9-1, 2016, pp. 2516–2521, Portorož, Slovenia
- Mititelu Verginica Barbu, Tufiș Dan, Irimia Elena, *The Reference Corpus of the Contemporary Romanian Language (CoRoLa)*. In Proceedings of the 11th International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2018), European Language Resources Association (ELRA), ISBN: 978-2-9517408-9-1, 2018, Miyazaki, Japonia
- Cosma R., Cristea D., Kupietz M., Tufiș D. and A. Witt (2016). *DRuKoLA – Towards Contrastive German-Romanian Research based on Comparable Corpora*. In: Bański P. et al. (eds.): *The 4th Workshop on Challenges in the Management of Large Corpora. Proceedings of the Tenth International Conference on Language Resources and Evaluation (LREC 2016)*, Portorož / Paris: ELRA: 28–32.
- Cristea D., Ciobanu G., D. Tufiș (1985). *QUERNAL – A Natural Language Interface To Relational Databases*. In Proceedings of the 2nd National Symposium of Artificial Intelligence, Romanian Academy, Bucharest, Romania.

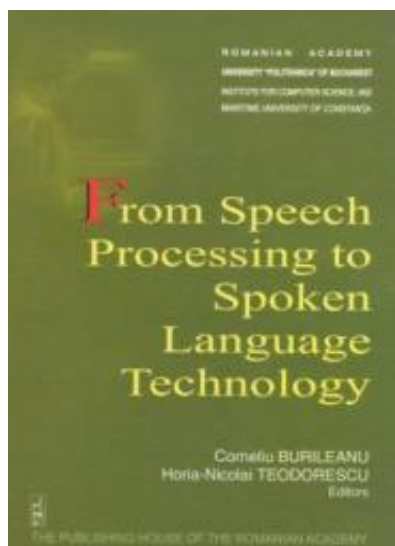
- Cristea D., Haja G., Răschip M., Moruz A.M., Pătrașcu M. (2011). *Statistici parțiale la încheierea proiectului eDLR – Dicționarul Tezaur al Limbii Române în format electronic*. In volumul *Lucrările conferinței naționale „Limba română: ipostaze ale variației lingvistice”*, 3–4 decembrie 2010, Catedra de Română, Universitatea din București.
- Cristea D., Gifu D., Colhon M., Diac P., Bibiri A.D., Mărănduc C., Scutelnicu Liviu-Andrei (2015). *Quo Vadis: A Corpus of Entities and Relations*. In N.Gala, R.Rapp and G.B.Enguix (eds.): *Language Production, Cognition, and the Lexicon*, Springer International Publishing, Switzerland.
- Miller G.A., Hristea F. (2006), *WordNet nouns: Classes and instances*, *Journal of Computational linguistics*, vol. 32, issue 1, pp. 1–3, MIT Press.
- Kupietz M., Witt A., Bański P., Tufiș D., Cristea D., Váradi T. (2017). *EuReCo – Joining Forces for a European Reference Corpus as a sustainable base for cross-linguistic research*. In: Bański, P. et al. (eds.): *Proceedings of the Workshop on Challenges in the Management of Large Corpora and Big Data and Natural Language Processing*. Mannheim: IDS: 15–19.
- Milea L. (1982). *SIRLIN: Un sistem de întrebare-răspuns în limba română*, în *Buletinul Român de Informatică*, București.
- Simionescu R. (2011). *Hybrid POS Tagger*. In *Proceedings of the workshop „Language Resources and Tools with Industrial Applications”*, Eurolan summer school.
- Simionescu R. (2016). *Statistical and Inference Based Approaches in Natural Language Processing – Applications to Morphology and Syntax*, Ph.D. thesis, „Alexandru Ioan Cuza” University of Iași.
- Marcus S. (1966). *Lingvistica matematică*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- Marcus S., Nicolau Edm., Stati S. (1966). *Introducere în lingvistica matematică*. Editura Științifică, București.
- Marcus S. (1970). *Poetica matematică*, Editura Academiei, București.
- Toma T., Săftoiu E. (1987). *SINAL: un sistem de dialog în limbaj natural*, *Buletinul Român de Informatică*, București.
- Trandabăț D. (2009). *Natural Language Processing Using Semantic Frames*, Ph.D. thesis, „Alexandru Ioan Cuza” University of Iași.
- Tufiș D. (1983). *SDLR: A Dialogue System For Romanian Language*, in J.Miklosko (ed.) *Computers and Artificial Intelligence*, VEDA Publishing House, Bratislava.
- Tufiș D., Cristea D. (1985). *IURES: A Human Engineering Approach To Natural Language Question Answering*, in W. Bibel, B. Petkoff (eds.) *Artificial Intelligence: Systems, Applications, Methodology*, North Holland.

CONTRIBUȚIILE ÎN TEHNOLOGIA SEMNALULUI VOCAL ÎN ROMÂNIA (O ALTĂ PERSPECTIVĂ)

Inge Gavăț, Corneliu Burileanu

Dezvoltările fără precedent pe care le-au cunoscut la sfârșitul deceniului al V-lea al secolului trecut telecomunicațiile și automatizările, teoria informației, a semnalelor și a sistemelor a făcut ca vorbirea, cu multiplele sale valențe, dar mai ales ca principal mod de comunicare între oameni, să prezinte din ce în ce mai mult interes. Devin astfel subiecte ale cercetării multidisciplinare a vorbirii producerea și percepția acesteia, structura ei ca semnal, posibilitatea de a fi codată și secretizată, de a fi recunoscută și produsă automat. Cercetările în țara noastră au fost inițiate de Academia Română prin Comisia de Automatizări (coordonator Grigore Moisil) și Comisia de Acustică (coordonator Radu Voinea) și s-au desfășurat la Institutul de Fonetice și Dialectologie al Academiei (coordonator Alexandru Rosetti), Academia Tehnică Militară (coordonator Eugeniu Oancea) și Institutul Politehnic București (coordonator Edmond Nicolau), având ca rezultat producerea primului vocoder

spectral (1971) și a primelor sisteme de recunoaștere a vocalelor (1963) și cifrelor (1974) și de sinteză după text fix (1978), toate realizările fiind bazate pe circuite electronice discrete și prelucrări analogice.



Volum în domeniul *Tehnologiei semnalului vocal*, publicat de Editura Academiei Române.

Apariția calculatoarelor digitale și odată cu aceasta dezvoltarea metodelor de prelucrare digitală a semnalelor, dar și conceptul erei circuitelor integrate au condus la progrese notabile în studiul tehnologiei vorbirii (Mihai Drăgănescu). În 1984 se realizează primul sistem computerizat de recunoaștere a cifrelor (Corneliu Burileanu) și se înființează primul laborator de prelucrare a vorbirii, actualmente numit *Speed*. Urmează o perioadă de cercetări asidue în domeniul analizei, recunoașterii și sintezei vorbirii la Institutele Politehnice din București, Cluj-Napoca (Gavril Todorean), Timișoara și Iași (Horia-Nicolai Teodorescu, Marius Zbancioc, Monica Feraru), la Institutul de Informatică Teoretică al Academiei Române (Florin Grigoraș, Vasile Apopei, Doina Jitcă, D. Trandabăț, Ion Păvăloi, H.N. Teodorescu), la Academia Tehnică Militară și la Institutul de Cercetări Militare, proiectele fiind finanțate de Academia Română și de Ministerul Cercetării.

Progresele realizate au permis organizarea în 1984, sub egida Academiei Române, a unei prime reuniuni a specialiștilor în domeniu, Conferința de Analiză, Sinteză și Recunoaștere a Vorbirii³¹. S-au prezentat programe de compresie (parametrizare) a vorbirii bazate pe principiul predicției liniare și reprezentării cepstrale, programe de recunoaștere și sinteză a unor vocabulare reduse, pentru care au fost realizate primele colecții de semnale vorbite.

Ultima decadă a secolului al XX-lea a adus progrese notabile în domeniu. Au apărut sisteme de recunoaștere pentru vocabulare reduse cu modele acustice realizate statistic (modele Markov ascunse discrete), conexiunist (rețele neuronale), sau mixt, cu decizii binare sau fuzzy. S-au înființat laboratoare de prelucrarea semnalului vocal la Institutele Politehnice din București, Iași și Cluj-Napoca, în care s-au desfășurat activități didactice la cursurile de tehnologia vorbirii nou introduse în programele universitare, dar și o bogată activitate de cercetare în domeniu în cadrul unor granturi de cercetare și de elaborare a unor teze de doctorat. Creșterea nivelului cercetărilor a condus la prezentarea în cadrul unor conferințe internaționale a rezultatelor obținute, bine apreciate în foruri științifice din America și Europa. În Laboratorul Speed s-a realizat prima variantă de sistem VoIP și prima implementare a unui sistem de sinteză de tip TTS; în Laboratorul din Iași, sub egida secției Iași a Academiei Române, s-au desfășurat cercetări privind prelucrarea neliniară a vorbirii, influența sistemului gnatic asupra vorbirii (gnatofonia și gnatosonia) și au fost continuate cercetările privind

³¹ Organizată și coordonată de Mihai Drăgănescu (HNT) Cu volum în Editura Academiei Române.

prozodia limbii române. În laboratoarele din Cluj-Napoca s-a realizat un sistem de verificare a vorbitorului și un sistem de recunoaștere a vorbirii bazat pe rețele neuronale (Mircea Giurgiu), în Laboratorul din Timișoara o prima bază de date vorbite pentru limba română (Marian Boldea), în Laboratorul de prelucrarea semnalului vocal (Lpsv, Inge Gavăț) s-au continuat cercetările privind modelarea acustică cu modele Markov continue și semicontinue, cu modele mixte neuro-statistice. O nouă reuniune de specialitate, „Symposium for Language and Technology”, are loc în 1996 sub egida Institutului de Inteligență Artificială al Academiei Române, organizată de Dan Tufiș. Această manifestare a reunit specialiști din domeniul Tehnologiei Vorbirii și Prelucrării Limbajului Natural, statuând o colaborare între aceste două domenii, care funcționează cu bune rezultate în continuare și acum. Ca o recunoaștere a progreselor românești făcute în Tehnologia Vorbirii, conferința SPECOM a fost organizată, în 1997, la Cluj-Napoca, cu o valoroasă participare internațională, dar și cu importante contribuții românești. Din anul 1998 și până în prezent în București se organizează bianual conferința COMMUNICATIONS, sub egida Academiei Tehnice Militare și a Departamentului de Telecomunicații din Institutul Politehnic București cu o secțiune de Tehnologia Limbajului, care a găzduit de-a lungul timpului numeroase contribuții ale specialiștilor din acest domeniu, publicate în volumele conferinței, indexate IEEEExplore în ultimii ani. Conferințele universităților tehnice din București, Iași, Cluj-Napoca, Timișoara, Brașov, Galați, Constanța au fost de asemenea gazde pentru comunicările științifice din domeniul Tehnologiei Limbajului. Ar merita, de asemenea, menționată organizarea secției de Prelucrare a Vorbirii în cadrul conferințelor anuale SISOM ale Comisiei de Acustică a Academiei Române, cu publicarea în volum a contribuțiilor participanților.

Primul deceniu al secolului al XXI-lea a adus importante afirmări ale cercetărilor efectuate în țară. În 2002, Dragoș Burileanu a fost editorul unui număr special, dedicat progreselor cercetării românești, al „International Journal of Speech Technology”, număr în care au fost publicate cele mai importante rezultate obținute în laboratoarele universităților tehnice din București, Iași, Cluj-Napoca și ale Academiei Tehnice Militare; unele dintre acele rezultate se datorau implicării în programe naționale sau în cooperări bilaterale și proiecte europene. Anul 2003 a marcat un moment important legat de organizarea celei de-a doua conferințe „Speech Technology and Human-Computer Dialogue” la București, de către Academia Română, secția de Știința și Tehnologia Informației, Institutul de Inteligență Artificială și Facultatea de Electronică și Telecomunicații, laboratorul Speed, sub egida IEEE și EURASIP. Au participat cercetători din țară și străinătate și lucrările au fost publicate în volumul conferinței. De atunci și până în prezent conferința s-a desfășurat bianual, fiind găzduită pe rând de universitățile tehnice din Cluj-Napoca (2005), Iași (2007), Constanța (2009), Brașov (2011), Cluj-Napoca (2013) București (2015, 2017). Conferința a devenit un forum al cercetării în domeniu și a asigurat o vizibilitate crescută rezultatelor obținute în țară, mai ales din 2011, de când contribuțiile participanților sunt indexate în IEEEExplore. Conferința se bucură și de o consistentă participare internațională, care a dus la colaborări cu prestigioase universități din străinătate (Institut National Polytechnique de Grenoble, Technische Universität Darmstadt, Technische Universität München, Université Cachan, Université Rouen, Université Libre de Bruxelles).

După anul 2000 se intensifică cercetările privind dialogul verbal om–mașină (Speed), se realizează aplicații medicale și de detectare a emoțiilor (Iași), se construiesc platforme de cercetare a modelării acustice și de limbă (Lpsv, Academia Tehnică Militară), se fac pași înainte în domeniul sintezei de voce (Cluj-Napoca). Progrese importante s-au făcut și în ceea ce privește bazele de date de vorbire pentru recunoaștere și sinteză (Speed, Cluj-Napoca, ATM, IIT³²), ceea ce a contribuit la realizarea în premieră a unui sistem de recunoaștere a vorbirii cu vocabular larg (Speed) și a unei voci sintetice românești (Cluj-Napoca).

CONTRIBUȚIILE ÎN „SOFT COMPUTING”

Radu-Emil Precup

Conform definiției lui Lofti A. Zadeh, *soft computing* (SC) se referă la tehnici de calcul utilizate în modelarea și analiza sistemelor complexe în situații în care tehnicile tradiționale sunt neutilizabile sau insuficiente. Tehnicile specifice SC includ logica fuzzy, rețelele neuronale, învățarea automată și raționamentul probabilistic.

Primele rezultate din România în teoria mulțimilor fuzzy au fost obținute de Grigore C. Moisil (1968), Constantin V. Negoită, Dan A. Ralescu (1974) și Dan Butnariu (1978). Cercetările au fost continuate începând cu anii '80 la Institutul de Informatică Teoretică al Academiei Române (Filiala Iași) și Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași de un colectiv coordonat de Horia-Nicolai L. Teodorescu, care a abordat sistemele fuzzy cu dinamică neliniară (a demonstrat primul asemenea sistem în 1992, în Japonia³³), sisteme haotice pentru protecția informației și modelarea

³² Baza SRoL – Sounds of the Romanian Language, documentată în limbile română, engleză și franceză; activă din 2006. http://iit.academiaromana-is.ro/srol/en/disclaimer_en.htm. (HNT).

³³ Vezi volumele și lucrările:

[HNL] Teodorescu, LC Jain, A Kandel (Eds.), *Fuzzy and neuro-fuzzy systems in medicine*, CRC Press;

[HNL] Teodorescu, LC Jain (Eds.), *Intelligent systems and technologies in rehabilitation engineering*, CRC Press;

[HNL] Teodorescu, A Kandel, LC Jain (Eds.), *Soft computing in human-related sciences*, CRC Press;

MeloPinto, P; Teodorescu, HN; Fukuda, T (Eds.), *Systematic Organisation of Information in Fuzzy Systems* Book Series: Nato Science Series, Sub-Series III: *Computer and Systems Sciences*, Vol: 184, 2003;

[HN] Teodorescu, *Chaos in fuzzy systems and signals. Plenary paper, Proc. of 2nd International Conference on Fuzzy Logic & Neural Networks*, Iizuka, Japan, 1992, pp. 21–50;

Rodriguez, W; Teodorescu, HN; Grigoras, F; et al., *A fuzzy information space approach to speech signal non-linear analysis*. International Journal of Intelligent Systems, Vol. 15, 4, 343–363, Apr. 2000;

Teodorescu, HN, *A New Strategy In Fuzzy Inference Systems and in AI – The Selective Rules Activation (SRA) Algorithm*, 2nd International Conf on Fuzzy Systems / International Conf on Neural Networks, San Francisco, CA, Mar 28–Apr 01, pp. 934–937, 1993.

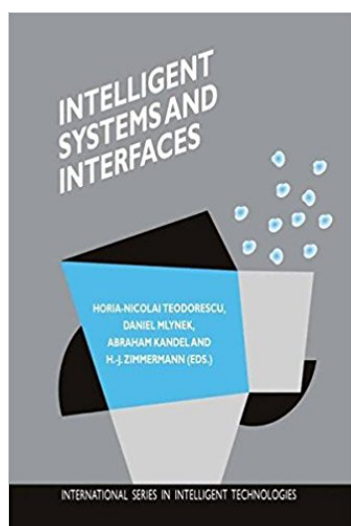
precum și numerele speciale de revistă editate:

[HN] Teodorescu, A Kandel, M Schneider (Guest Eds.), *Special issue on Fuzzy modeling and dynamics*, Fuzzy Sets and Systems 106 (1), 1–2;

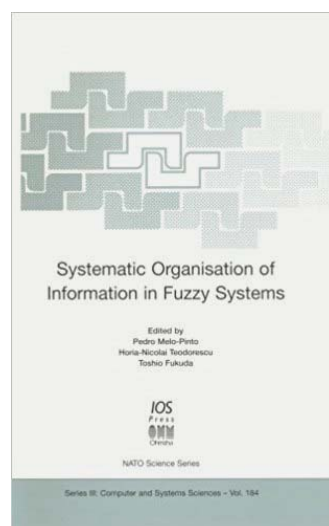
Teodorescu, HN; Yamakawa, T (Guest Eds.), *Special Issue on Applications of chaotic systems: An emerging field*. International Journal of Intelligent Systems, Vol 12, 4, 251–253, Apr 1997.

proceselor sociale și biologice, modelarea rețelelor de socializare, analiza imaginilor, metode de recunoaștere automată, metode de analiză a foneticii limbii române (emoții, cazuri patologice) și tehnologiei vorbirii, prelucrarea semnalelor utilizând șabloane, modele statistice de propagare, sisteme neuro-fuzzy cu aplicații medicale.

Începând cu anul 1990, sub coordonarea lui Ioan Dumitrache, la Facultatea de Automatică și Calculatoare a Universității Politehnica din București a luat ființă Centrul de Control Inteligent și Bioinginerie, pentru valorificarea posibilităților oferite de tehnicile de SC în aplicații complexe de conducere în timp real a proceselor³⁴; astăzi, cercetările sunt continuate de către Laboratorul de Calcul Natural și Robotică, cu preocupări legate de utilizarea tehnicilor de calcul cu membrane (introduse de Gheorghe Păun) în rezolvarea unor probleme de conducere a sistemelor multirobot³⁵.



H.N. Teodorescu, D. Mlynek, A. Kandel, H.J. Zimmermann (eds.), *Intelligent systems and interfaces*, Kluwer, 2000.



P. Melo-Pinto, H.N. Teodorescu, T. Fukuda (eds.), *Systematic organisation of information in fuzzy systems*, Ios Press, 2003.

Începând cu anii '90, colectivul coordonat de Radu-Emil Precup, la Universitatea Politehnica Timișoara (Ștefan Preitl, Claudia-Adina Bojan-Dragoș, Mircea-Bogdan Rădac, Radu-Codruț David, Alexandra-Iulia Szedlak-Stînean, Raul-Cristian Roman), a dezvoltat noi generații de structuri de regatoare fuzzy cu două grade de libertate, metodologii unitare de proiectare a regatoarelor fuzzy, de analiză a stabilității și sensibilității sistemelor de conducere fuzzy³⁶, cu aplicații în sisteme mecatronice, acționări electrice, sisteme energetice și medicale. În cadrul Universității din Oradea,

³⁴ I. Dumitrache, C. Buiu, *Genetic learning of fuzzy controllers*, Mathematics and Computers in Simulation, vol. 49, no. 1–2, pp. 13–26, 1999.

³⁵ A.G. Florea, C. Buiu, A distributed approach to the control of multi-robot systems using XP colonies, *Integrated Computer-Aided Engineering*, vol. 25, no. 1, pp. 15–29, 2018.

³⁶ R.-E. Precup, H. Hellendoorn, A survey on industrial applications of fuzzy control, *Computers in Industry*, vol. 62, no. 3, pp. 213–226, 2011.

Sorin G. Gal a coordonat un colectiv (Adrian I. Ban, Lucian Coroianu, Alexandru Mihai Bica, Barnabas Bede), care a abordat cercetări privind studiul în contextul matematicii fuzzy al conceptelor topologice și metrice clasice, teoriei aproximării, teoriei funcțiilor aproape periodice, conceptelor de derivată și de semigrupuri de operatori pentru funcții cu valori fuzzy, structurilor algebrice, cu aplicații la metode teoretice și numerice de rezolvare a ecuațiilor integrale fuzzy și cu derivate parțiale fuzzy, a defectelor de proprietăți ale măsurilor fuzzy^{37,38}.

În cadrul Facultății de Automatică și Calculatoare din Iași au fost introduse abordări de tip SC în două direcții de cercetare: strategii generale de conducere și monitorizare a sistemelor³⁹ (algoritmi pentru conducere adaptivă, detectarea erorilor de funcționare) și tehnici specializate pe diverse procese (modelarea și optimizarea filtrării apelor reziduale și sintezei chimice, predicția seriilor de timp, planificarea și optimizarea traiectoriilor echipelor de roboți, coordonarea accesului la resurse în probleme de fabricație)^{40,41}; colectivul include pe Mihail Voicu, Octavian Păstrăvanu, Letitia Mirea, Lavinia Ferariu, Marius Kloetzer, Silvia Curtanu, Florin Leon, Doru Pănescu. Radu Dogaru coordonează Laboratorul de Sisteme de Calcul de Inspirație Naturală din cadrul Catedrei de Electronică Aplicată și Ingineria Informației din Universitatea Politehnică din București; în perioadele 1996–1998 și 1999–2000, în colaborare cu Leon O. Chua (University of California at Berkeley, SUA), a proiectat rețelele celulare neuronale; alte cercetări au vizat dezvoltarea unor modele neuro-fuzzy eficiente în realizări hardware (neuroni simpliciali, clasificatori rapizi cu vectori suport). Lucian Vințan (Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu) a propus, în premieră mondială, conceptul de predictor neuronal al instrucțiunilor de ramificație (branches), implementabil în microprocesoarele avansate⁴²; a dezvoltat metode adaptive de procesare predictiv-speculativă, implementabile în arhitecturile performante de calcul. Membrii Centrului de Cercetare Automatică din Universitatea din Craiova, coordonat de Vladimir Răsvan, au abordat aplicații ale SC în contextul modern al principiilor Industry 4.0, tehnologiile specifice automaticii fiind îmbunătățite prin metode precum autooptimizare, autoconfigurare, autodiagnoză și reglare adaptivă bazată pe rețele neuronale⁴³. Florin Gorunescu de la Universitatea

³⁷ A.I. Ban, S.G. Gal, *Defects of Properties in Mathematics*, World Scientific Publ. Inc., Singapore, 2000.

³⁸ B. Bede, S.G. Gal, *Generalizations of the differentiability of fuzzy-number-valued functions with applications to fuzzy differential equations*, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 151, no. 3, pp. 581–599, 2005.

³⁹ S. Jagannathan, F.L. Lewis, O. Păstrăvanu (1996) *Discrete-time model reference adaptive control of nonlinear dynamical systems using neural networks*, *International Journal of Control*, vol. 64, no. 2, pp. 217–239, 1996.

⁴⁰ M. Kloetzer, C. Belta, *Automatic deployment of distributed teams of robots from temporal logic motion specifications*, *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 26, no. 1, pp. 48–61, 2010.

⁴¹ R. Furtuna, S. Curteanu, F. Leon, *An elitist non-dominated sorting genetic algorithm enhanced with a neural network applied to the multi-objective optimization of a polysiloxane synthesis process*, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 24, no. 5, pp. 772–785, 2011.

⁴² L. Vințan, *Towards a high performance neural branch predictor*, *Proceedings of 1999 International Joint Conference on Neural Networks*, Washington DC, SUA, vol. 2, pp. 868–873, 1999.

⁴³ E. Petre, D. Selișteanu, D. Șendrescu, C. Ionete, *Neural networks-based adaptive control for a class of nonlinear bioprocesses*, *Neural Computing and Applications*, vol. 9, pp. 169–178, 2010.

din Craiova a dezvoltat noi paradigme de învățare (învățarea Bayesiană, stimulus-sampling/back-propagation), a aplicat rețele neuronale artificiale sub forma unor sisteme suport pentru decizii în domeniul medical. Răzvan Valentin Florian, coordonator al unui grup de cercetare de la Institutul Român de Știință și Tehnologie, a dezvoltat reguli de învățare pentru rețele neuronale cu pulsuri (a treia generație de modele de rețele neuronale)⁴⁴.

Grupul de Inteligență Artificială de la Universitatea de Vest din Timișoara, coordonator Viorel Negru (grupul include pe Daniela Zaharie și Dana Petcu), a dezvoltat aplicații ale metaeuristicilor inspirate de natură (algoritmi evolutivi și diverse modele de inteligență colectivă, de tip Ant Colony Optimization (ACO) și Particle Swarm Optimization (PSO) precum și analize teoretice ale algoritmilor evolutivi bazați pe diferențe (Differential Evolution (DE), a propus variante adaptive de algoritmi DE, destinate optimizării multi-modale, multi-criteriale și dinamice, primele variante de algoritmi DE bazați pe multi-populații și implementare paralelă a acestora, cu aplicații în analiza datelor medicale și în alocarea resurselor în sisteme distribuite⁴⁵. Colectivul coordonat de Radu-Emil Precup la Universitatea Politehnica Timișoara a dezvoltat noi algoritmi de optimizare inspirați din natură, inclusiv sub formă adaptivă, aplicați în acordarea optimală a parametrilor reguletoarelor fuzzy și modelelor fuzzy ale sistemelor dinamice⁴⁶. Petrică Pop Sitar, de la Centrul Universitar Nord din Baia Mare al Universității Tehnice din Cluj-Napoca, a introdus un nou concept pentru rezolvarea problemelor generalizate de proiectare a rețelelor prin descompunerea acestora în două subprobleme, una la nivel macro rezolvată prin algoritmi genetici, iar cea la nivel micro rezolvată prin algoritmi exacti⁴⁷. Lucian Vințan (Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu) a dezvoltat o metodă originală de meta-optimizare pentru sisteme complexe de calcul. La Cluj-Napoca, Dumitru Dan Dumitrescu a propus metaeuristici bazate pe cromodinamica genetică utilizate în optimizări și a format Centrul pentru Studiul Complexității la Universitatea Babeș-Bolyai.

Grupul de cercetare „Intelligent Distributed Systems” din cadrul Universității din Craiova (coordonator de Costin Bădică) a propus conceptul L-wrapper, care combină programarea logică și procesarea XML pentru extragerea automată a informației din texte semi-structurate⁴⁸, modelarea formală pentru middle-agents, noi modele distribuite de swarm computing.

⁴⁴ R.V. Florian, *Reinforcement learning through modulation of spike-timing-dependent synaptic plasticity*, Neural Computation, vol. 19, no. 6, pp. 1468–1502, 2007.

⁴⁵ D. Zaharie, *Influence of crossover on the behavior of differential evolution algorithms*, Applied Soft Computing, vol. 9, no. 3, pp. 1126–1138, 2009.

⁴⁶ R.-E. Precup, R.-C. David, E.M. Petriu, M.-B. Rădac, S. Preitl, J. Fodor, *Evolutionary optimization-based tuning of low-cost fuzzy controllers for servo systems*, Knowledge-Based Systems, vol. 38, pp. 74–84, 2013.

⁴⁷ P.C. Pop, O. Matei, C. Pop Sitar, *An improved hybrid algorithm for solving the generalized vehicle routing problem*, Neurocomputing, vol. 109, pp. 76–83, 2013.

⁴⁸ C. Bădică, A. Bădică, E. Popescu, A. Abraham, *L-wrappers: concepts, properties and construction*, Soft Computing, vol. 11, no. 8, pp. 753–772, 2007.

CONTRIBUȚII ROMÂNEȘTI ÎN DOMENIUL REȚELELOR NEURALE ARTIFICIALE

Iulian Ciocoiu

Parte componentă a domeniului tehnicilor de învățare automată (*machine learning*), teoria rețelelor neurale artificiale nu urmărește cu precădere identificarea unor modele plauzibile din punct de vedere biologic pentru neuronii elementari sau structura de interconexiuni dintre aceștia, ci elaborarea unor principii de procesare suficient de simple și robuste, care să poată fi folosite pentru rezolvarea unor probleme concrete. Evoluția domeniului la nivel mondial a fost marcată de momente remarcabile, însoțite uneori de optimism exagerat, dar și de lungi perioade de „îngheț” al interesului colectivelor de cercetare, cauzate de identificarea unor limitări de natură principială sau tehnologică.

Perioada anilor '80 ai secolului trecut marchează debutul epocii moderne a studiului acestei arii de interes, odată cu publicarea de către cercetătorul american John Hopfield a unui set de articole având drept subiect o clasă particulară de arhitecturi de rețele neurale recurente, respectiv (re)descoperirea algoritmului de învățare cu propagarea inversă a erorii (*backpropagation*) de către canadianul Geoffrey Hinton și colaboratorii săi.

Cercetătorii români au sesizat rapid importanța domeniului și potențialul său aplicativ, astfel încât primele articole utilizând astfel de instrumente sunt publicate încă de la începutul anilor '90, la puțin timp după apariția primelor reviste și manifestări științifice de specialitate. Până în prezent, peste 1 700 de lucrări au fost publicate în reviste indexate ISI Web of Science sau în cărți apărute la edituri din străinătate de către autori români din mediul academic sau institute de cercetare, cu precădere din București (peste 600), Iași (peste 300), Cluj-Napoca (peste 250) și Timișoara (peste 200).

Din punctul de vedere al analizei teoretice, un prim subiect de interes l-a reprezentat domeniul rețelelor neurale recurente. Dinamica rețelelor neurale celulare (*Cellular Neural Networks – CNN*), respectiv posibilitatea de a le utiliza pentru a genera așa-numitele *Turing patterns*, a fost analizată într-un ciclu de articole având drept coautor pe Liviu Goraș (în 1995, împreună cu Leon Chua de la universitatea americană Berkeley, iar mai târziu alături de colaboratorii săi de la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași). Pe aceeași direcție de cercetare se plasează rezultatele lui Radu Dogaru de la Universitatea „Politehnica” București, cu preocupări vizând automatele celulare, dinamica haotică și implementarea eficientă a arhitecturilor CNN. Stabilitatea unor clase particulare de rețele de tip Hopfield a fost analizată de către Octavian Păstrăvanu și Mihaela Matcovschi de la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, în timp ce Corneliu Marinov, de la Universitatea „Politehnica” București, are contribuții privind utilizarea rețelelor neurale recurente pentru implementarea circuitelor de tip *K-winners-take-all*. Pornind de la intenția de a elimina o serie de neajunsuri ale arhitecturii rețelelor de tip Hopfield, o serie de publicații au propus și analizat efectele unor modificări aduse acestora asupra

dinamicii și capacității de stocare a memoriilor asociative: Ioan Opriș, de la Departamentul de Fizică al Universității din București, este autorul unei serii de articole referitoare la eficiența unor funcții de activare nemonotone asupra capacității de memorare. Cercetătorul Mircea Andreucut, de la Departamentul de Fizică al Universității „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca a propus algoritmi de învățare pentru rețelele neurale recurente și a analizat performanțele acestor arhitecturi în aplicații de recunoaștere a formelor. Cercetătoarea Eva Kaslik, de la Universitatea de Vest din Timișoara, a studiat dinamica rețelelor neurale cu ordin fracționar.

Un alt subiect de interes teoretic îl reprezintă rețelele neurale care prelucrează trenuri de impulsuri (*spiking neural networks*). Gheorghe Păun a propus utilizarea unei asemenea abordări pentru implementarea așa-numitelor sisteme P, care fundamentează domeniul calculului membranar (modele de calcul inspirate de fenomenele chimice petrecute la nivelul membranelor celulelor vii). Remarcabilă este și activitatea Institutului Român de Știință și Tehnologie din Cluj-Napoca (rezultat al extinderii Centrului pentru Cercetări Cognitive și Neuronale–Coneural), în cadrul căruia activează cercetătorul Răzvan Florian, autor al unei serii de articole dedicate utilizării algoritmilor de învățare de tip *reinforcement learning* pentru antrenarea rețelelor neurale care prelucrează trenuri de impulsuri. Analiza regimului dinamic oscilant al microcircuitelor neuronale se regăsește în lucrările lui Raul C. Mureșan, din cadrul aceleiași instituții.

Din punct de vedere aplicativ, se remarcă o mare diversitate a domeniilor în care rețelele neurale artificiale au fost utilizate cu succes, oferind performanțe superioare abordărilor clasice. Astfel, modalități de control neliniar au fost introduse și analizate de către un colectiv condus de către Radu-Emil Precup de la Universitatea Politehnica Timișoara. Soluții aplicate în domeniul chimiei organice și al protecției mediului regăsim în publicațiile colectivelor coordonate de către Ovidiu Ivanciuc de la Universitatea „Politehnica” București, respectiv de către Silvia Curteanu și Florin Leon de la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași. Rețelele neurale au fost utilizate și în studii de chimie alimentară, sub coordonarea Vasile-Mircea Cristea, de la Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca.

Aplicații în domeniul prelucrării semnalelor biomedicale (ECG, EEG, severitatea tremurului, analiza secvențelor genomice) regăsim la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, în cadrul colectivelor aflate sub coordonarea Horia-Nicolai Teodorescu și a lui Liviu Goraș, inclusiv prin utilizarea unor sisteme hibride de tip neuro-fuzzy sau neuro-evolutive, respectiv a tehnicilor bazate pe reprezentări redundante. Aceleași colective au preocupări în domeniul prelucrării semnalelor vocale și al interfețelor om–calculator. Soluții privind utilizarea rețelelor neurale în recunoașterea formelor, biometrie, procesarea imaginilor sunt evidențiate în publicațiile lui Iulian Ciocoiu.

Rezultate vizând acest domeniu se regăsesc și în lucrările unor cercetători provenind din alte centre universitare. În domeniul imagisticii medicale și al diagnozei automate se remarcă contribuțiile lui Adrian Săftoiu și Florin Gorunescu de la Universitatea de Medicină și Farmacie din Craiova. Metode de analiză facială și recunoaștere a fețelor au fost propuse în lucrările lui Ioan Buciu de la Universitatea din Oradea.

Rețele neurale de tip fuzzy ARTMAP antrenate cu baze de date de dimensiuni reduse au fost studiate de către Răzvan Andonie de la Universitatea „Transilvania” Brașov. Aplicații în analiza structurilor chimice moleculare au fost raportate de către cadre didactice de la Departamentul de Fizică al Universității „Dunărea de Jos” din Galați, sub coordonarea Mirelei Praisler.

Odată cu apariția în ultimii ani a arhitecturilor de tip *deep learning*, care au dovedit performanțe remarcabile în rezolvarea cu succes a unor sarcini foarte complexe (uneori, cu rezultate superioare subiecților umani), interesul pentru studiul acestui domeniu s-a revigorat profund, după o perioadă de relativă stagnare pe plan mondial la începutul anilor 2000. Asistăm în prezent la o adevărată explozie a preocupărilor mediului academic, dar și a sectorului privat pentru identificarea unor arhitecturi eficiente și a diversificării gamei de aplicații cu potențial comercial, utilizând o uriașă infrastructură de calcul, precum și o mare diversitate de instrumente *software*.

HARDWARE PENTRU IA ÎN ROMÂNIA

Gheorghe M. Ștefan

Hardware-ul pentru aplicații de IA a fost și este un domeniu prezent în România în două etape. O prima etapă este cea a mașinilor Lisp, în anii 1980, iar o a doua etapă este cea curentă în care suportul hardware este considerat pentru aplicațiile de Machine Learning (ML), noua formă în care IA revine în prim planul științelor computației.

Epoca mașinilor Lisp

Adoptarea limbajului Lisp pentru scrierea aplicațiilor de IA generează dificultăți majore în rularea pe mașini de calcul optimizate pentru o paradigmă diferită de cea care a fundamentat definirea limbajului Lisp. Într-adevăr, mașinile de calcul ale anilor 1970 erau bazate pe dezvoltări ce porneau de la Mașina Turing (MT), pe când Lisp-ul era fundamentat pe lambda-calculul definit de Alonzo Church. Două modele de calcul publicate în același an, 1936, dar care presupun mecanisme hardware net distincte. Interpretarea pe, sau compilarea pentru mașinile derivate din MT a programelor scrise în Lisp conduceau la timpi de execuție și spații de memorie neuzual de mari pentru minicomputerele și stațiile de lucru ale momentului. Astfel, în 1973 Laboratorul de IA de la MIT inițiază proiectul mașinii Lisp, un calculator cu o arhitectură orientată către mecanismele computaționale presupuse de lambda-calcul. La sfârșitul deceniului, sunt înființate și finanțate două *spinoff*-uri, Lisp Machines, Inc. (1979) și Symbolics, Inc. (1980), care vor produce mașini Lisp. În acest context, ținând cont și de dezvoltarea pe care o aveau preocupările de IA la ICCI (Institutul Central pentru Conducere și Informatică) și IPB (Institutul Politehnic București), apare proiectul mașinii Lisp sub numele de DIALISP.

La începutul anilor '80, în biroul său din ICCI Mihai Drăgănescu propune realizarea unei mașini Lisp. În următoarele săptămâni în Laboratorul de Electronică

Funcțională din catedra de Dispozitive Circuite și Aparare Electronice (DCAE) a Facultății Electronice și Telecomunicații din IPB, în care se realizase deja mașina grafică DIAGRAM, se formează un subcolectiv coordonat de Gheorghe M. Ștefan, în care au fost incluși Aurel Păun (absolvent recent al Facultății de Calculatoare), Virgil Bistriceanu și Andy Birnbaum (studenți în ultimul an ai Facultății de Electronică și Telecomunicații).

Proiectului DIALISP, finalizat în următorii ani, a catalizat două concepte:

- **microprogramarea multi-thread** implementată pentru prima dată în unitatea centrală a mașinii DIALISP⁴⁹;

- **memoria conexă** – inabordabilă cu tehnologia anilor '80–'90 – pentru care perspectiva este deschisă și promițătoare numai în contextul tehnologic actual.

La sfârșitul anilor '70 Mihai Drăgănescu se întorcea din Statele Unite cu intenția fermă a dezvoltării domeniului IA în România. Pe lângă formarea unui colectiv în ICCI, în catedra DCAE organizează primele lecții de Lisp, ținute de Mihaela Malița în cadrul cursului de Electronică Funcțională. Cristian Giumale preda de mai mulți ani limbajul Lisp la facultatea de Automatică și Calculatoare. Declanșarea proiectului DIALISP a fost astfel sprijinită de un nucleu de cercetători pentru care o „mașină de inteligență artificială” era un instrument visat⁵⁰.

Hardware pentru ML

Ieșirea din ultimul „îngheț al IA” (*AI winter*) s-a făcut prin reconsiderarea domeniului ML sub forma aplicațiilor de *Deep Convolutional Neural Networks*. Domeniul hardware este din nou solicitat într-o manieră ce necesită reconsiderări semnificative. Acceleratoarele consacrate ale momentului, procesoarele grafice sau procesoarele *Intel® Many Integrated Core Architecture*, nu reușesc să-și fructifice mai mult decât câteva procente din uriașele performanțe maxime, de ordinul tera-flop-ilor pe secundă, pe care le au. Este vorba iarăși de o nepotrivire arhitecturală care impune reorientări fundamentale.

Proiectul CONNEX, inițiat de Gheorghe M. Ștefan, la care au aderat colaboratori mai vechi ai caterdrei (Dan Tomescu, Bogdan Mițu), a constat în dezvoltarea unui procesor masiv paralel⁵¹, patentat și produs într-un start-up fondat în Silicon Valley

⁴⁹ Gheorghe M. Ștefan, Aurel Păun, Virgil Bistriceanu, Andy Birnbaum, *DIALISP – a Lisp Machine*, Proceeding LFP '84 Proceedings of the 1984 ACM Symposium on LISP and functional programming, p. 123–128 Online: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=802028> <http://users.dcae.pub.ro/~gstefan/2ndLevel/technicalTexts/dialisp.pdf>

⁵⁰ Ministeria introdusă în fabricație, sub coordonarea Sandei Maican, la Fabrica de Echipamente Periferice în 1984, au ajuns, pe căi birocratice-financiare, într-o fabrică de becuri și în centrul de calcul al unui mic oraș de provincie. Prima lucrare în română despre DIALISP-ul și conceptul de memorie conexă (G., Ștefan, V., Bistriceanu, A., Păun, *Către un mod natural de implementare a Lisp-ului*, Al doilea Simposion Național de Inteligență Artificială organizat de Academia RSR, sept. 1985; în *Sisteme de Inteligență Artificială*, Ed. Academiei Române, 1991) nu a fost publicată decât în 1991, datorită interdicției prin care „Biroul 2” a blocat în anii 1980 publicarea oricărei referințe la IA.

⁵¹ http://www.linleygroup.com/newsletters/newsletter_detail.php?num=4307

(2002–2009)⁵². Ultima versiune realizată în siliciu în 2008 în tehnologie de 65 nm oferea 400 GOPS (>120 GOPS/Watt, >6.25 GOPS/mm²).

Arhitectura de tip Map-Reduce a procesorului masiv paralel permite realizarea operației de multiplicare a unei matrici $M \times N$ cu un vector în $M + 2 + \log_2 N$ cicli de ceas. Arhitecturile anterior menționate nu reușesc o astfel de performanță datorită faptului că au fost concepute pentru o paradigmă diferită, iar adaptarea la calculul necesitat de nivelele convoluționale sau de rețelele neuronale complet conectate se face, cu un preț prea mare, prin diminuarea performanței și consumul de energie.

O ultimă evaluare prin simulare, din 2014, a procesorului Map-Reduce pentru tehnologia de 28 nm, a oferit, pentru o structură cu 2048 unități de execuție de 32 de biți, o performanță de 2 TOPS la un consum de energie de sub 15 W.

Alte tehnici de ML – precum *K-means clustering*, sau *regression* – sunt foarte eficient suportate hardware de arhitectura Map-Reduce folosită ca accelerator în sistemele hibride de calcul. În aceste aplicații peste 30% din *peak performance* este activată, mult peste ceea ce se poate activa pentru soluțiile „uzuale de tip Nvidia sau Xeon Phi.

CERCETĂRI ÎN ROMÂNIA PRIVIND APLICAȚII ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN MEDICINĂ ȘI BIOLOGIE

Hariton Costin

Medicina și biologia folosesc adesea date și informație incomplete, ambigue, complementare, redundante, distorsionate, având în general un caracter structural. Aceste situații trebuie abordate și rezolvate în practica medicală: în diagnostic, tratament (inclusiv în terapii ghidate de calculator), prevenție și în cercetarea biomedicală. Astfel, metodele Inteligenței Artificiale (IA) s-au dovedit a fi eficiente în tratarea informației medicale, ele emulând deseori modul de raționament uman.

Școala și cercetarea românească și-au adus substanțiale contribuții, de-a lungul timpului, la utilizarea IA în medicină și biologie. În acest sens putem remarca aportul semnificativ al principalelor centre universitare și de cercetare ale țării.

Universitatea București, prin Facultatea de Matematică-Informatică, are contribuții deosebite în logici nuanțate (fuzzy) și soft computing (SC), la nivel teoretic, dar și de aplicații. Astfel, Ioana Leuștean și Denis Enăchescu au dezvoltat aspecte ale logicii fuzzy (LF), rețelelor neuronale artificiale (RNA), mașinilor cu suport vectorial (SVM), învățării automate (ML), cu aplicații în diagnostic medical asistat și bioinformatică. Universitatea „Politehnica” București, prin Facultatea

⁵² Gheorghe Ștefan, Anand Sheel, Bogdan Mitu, Tom Thomson, Dan Tomescu: *The CA1024: A Fully Programmable System-On-Chip for Cost-Effective HDTV Media Processing*, in Hot Chips: A Symposium on High Performance Chips, Memorial Auditorium, Stanford University, August 20–22, 2006. [Online]. Available: <https://youtu.be/HMLT4EpKBaw> at 35:00.

de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației, are un aport deosebit în acest domeniu. Constantin Vertan, are preocupări și realizări în prelucrarea și analiza multicomponentă pentru date specifice și proiectează tehnici avansate inteligente de integrare a datelor și decizie, prin combinarea statisticii clasice cu logica fuzzy și scheme de calcul evolutiv sau de tip rețele neuronale adânci (Deep-CNN).

Câteva aplicații remarcabile de IA în medicina clinică realizate în LAPI sunt: identificarea automată a modalităților imagistice pe baza imaginilor digitale⁵³, suportul diagnosticului în ortopedie^{54,55}, suportul diagnosticului maladiilor otice⁵⁶, suportul diagnosticului arsurilor prin combinarea informației din imagistica color și imagistica termală⁵⁷, tehnici de *computer vision* de asistență a pacienților (identificarea intensității durerii)⁵⁸.

De asemenea, Facultatea de Automatică și Calculatoare, prin Laboratorul de Inteligență Artificială și Sisteme Multi-Agent, coordonat de Adina Magda Florea, a dezvoltat o serie de aplicații legate de robotică și asistarea persoanelor cu nevoi speciale. Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca are contribuții remarcabile în domeniul IA, inclusiv în aplicații în medicină, prin Departamentul de Informatică al Facultății de Matematică și Informatică coordonat de Horia F. Pop și de regretatul Dan Dumitrescu. Analiza robustă a datelor, metode de clasificare și metode de proiecție a datelor, rețele neuronale, algoritmi genetici, metodele de clasificare, analiza clusterilor și analiza componentelor principale, analiza discriminantă, sunt principalele domenii de cercetare. Metodele bazate pe *teoria mulțimilor fuzzy* s-au dovedit foarte eficiente în studiul aplicațiilor din domenii precum medicină, sănătate și științele naturii⁵⁹. Astfel, putem cita identificarea și analiza bolilor folosind metode de clasificare fuzzy⁶⁰ și analiza discriminantă^{61,62} caracterizarea

⁵³ C. Sârbu, D. Dumitrescu, H.F. Pop, *Optimum selection and combination of solvent systems in thin layer chromatography using the fuzzy sets theory*. Revista de Chimie 44, 5 (1993), pp. 450–459.

⁵⁴ D. Dumitrescu, C. Sârbu, H.F. Pop, *A fuzzy divisive hierarchical clustering algorithm for the optimal choice of set of solvent systems*. Analytical Letters 27, 5 (1994), pp. 1031–1054.

⁵⁵ D. Dumitrescu, H.F. Pop, C. Sârbu, *Fuzzy hierarchical cross-classification of Greek muds*. Journal of Chemical Information and Computer Sciences 35 (1995), pp. 851–857.

⁵⁶ H.F. Pop, C. Sârbu, O. Horowitz, D. Dumitrescu, *A fuzzy classification of the chemical elements*. Journal of Chemical Information and Computer Sciences 36, 3 (1996), pp. 465–482.

⁵⁷ C. Sârbu, O. Horowitz, H.F. Pop, *Fuzzy cross-classification of the chemical elements, based both on their physical, chemical and structural features*. Journal of Chemical Information and Computer Sciences 36, 6 (1996), pp. 1098–1108.

⁵⁸ H.F. Pop, T.L. Pop, C. Sârbu, *Assessment of heart disease using fuzzy classification techniques*. The Scientific World Journal 1 (2001), pp. 369–390.

⁵⁹ C. Sârbu, H.F. Pop, *Fuzzy soft-computing methods and their applications in chemistry*. In Reviews in Computational Chemistry, K. B. Lipkowitz, R. Larter, and T. R. Cundari, Eds., vol. 20. VCH Publishers, New York, 2004, pp. 249–332.

⁶⁰ H.F. Pop, T.L. Pop, C. Sârbu, *Assessment of heart disease using fuzzy classification techniques*. The Scientific World Journal 1 (2001), pp. 369–390.

⁶¹ C. Sarbu, H.F. Pop, R.S. Elekes, G. Covaci, *Intelligent disease identification based on discriminant analysis*. Revista de Chimie 59, 11 (2008), pp. 1237–1241.

⁶² H.F. Pop, C. Sârbu, A. Stefanescu, A. Bizo, T.L. Pop, *Prognostic factors in liver failure in children by discriminant analysis of clinical data. A chemometric approach*. Studia Universitatis Babes-Bolyai, Chemia 60, 2 (2015), pp. 101–108.

ierburilor medicinale folosind tehnici robuste de chemometrie⁶³, precum și arhitecturi generice pentru asistarea medicilor în procesul de diagnosticare automată: o interfață folosind o metodă de învățare supervizată bazată pe identificarea regulilor de asociere relaționale⁶⁴, un sistem de suport decizional bazat pe agenți⁶⁵, o arhitectură multiagent pentru gestionarea unui registru național de cancer⁶⁶, un sistem inteligent multiagent pentru asistarea medicilor în procesul de luare a deciziilor clinice⁶⁷. În lucrarea⁶⁸ a fost introdusă o metodă bazată pe clustering aglomerativ ierarhic pentru asistarea medicilor în vederea detectării pacienților care necesită măsuri profilactice speciale în contextul încălzirii globale. O abordare bazată pe învățare prin întărire a fost propusă⁶⁹ în vederea ordonării temporale a datelor de tip „microarray” ale bolnavilor de cancer (colorectal, pancreatic și glioblastoma).

Lucrările^{70,71} prezintă *sisteme de suport decizional pentru asistarea specialiștilor medicali* în luarea deciziilor privind cancerul de sân și fibroza la nivelul peretelui atrial. Aceste sisteme înglobează algoritmi multiobiectiv de învățare automată supervizată bazați pe programare genetică (în cazul detecției tumorilor benigne sau maligne în mamografii)⁷², dar și nesupervizată bazată pe automate celulare (în cazul separării atriului stâng de cavitățile înconjurătoare în imagini de tip MR și CT)⁷³.

⁶³ I.M. Simion, H.F. Pop, C. Sârbu, *Spectrophotometric characterization of Roumanian medicinal herbs assisted by robust chemometrics expertise*. Revue Roumaine de Chimie 62, 12 (2017), To appear.

⁶⁴ G. Șerban, I.G. Czibula, A. Câmpan, *A Programming Interface for Medical Diagnosis Prediction*, Studia Universitatis „Babes-Bolyai”, Informatica, 51 (1), 2006, pp. 21–30.

⁶⁵ G. Czibula, A. Guran, G.S. Cojocar, I.G. Czibula, *Multiagent Decision Support Systems based on Supervised Learning*, 2008 IEEE-TTTC International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2008, pp. 353–358.

⁶⁶ G.S. Cojocar, A. Guran, T. Sanislav, G. Czibula, *A Multiagent based Approach for National Cancer Registry Management*. ICAM 6 – International Conference on Applied Mathematics, September, 18–21, 2008 Baia Mare, Romania, published in: Creative Mathematics and Informatics, 17 (3), 2008, pp. 369–374.

⁶⁷ G. Czibula, I.G. Czibula, G.S. Cojocar, A. Guran, *IMASC – An Intelligent MultiAgent System for Clinical Decision Support*, International Conference on Complexity and Intelligence of the Artificial and Natural Complex Systems – Medical Applications of the Complex Systems Biomedical Computing CANS’ 2008, Targu Mures, IEEE Society Press, 2008, pp. 183–188.

⁶⁸ V. Petrașcu, G. Czibula, D. Sîrbu, M. Popa, D. Curșeu, *Identifying the impact of global warming on population using a clustering based approach*, 2010 IEEE-TTTC International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, AQTR 2010, pp. 294–299

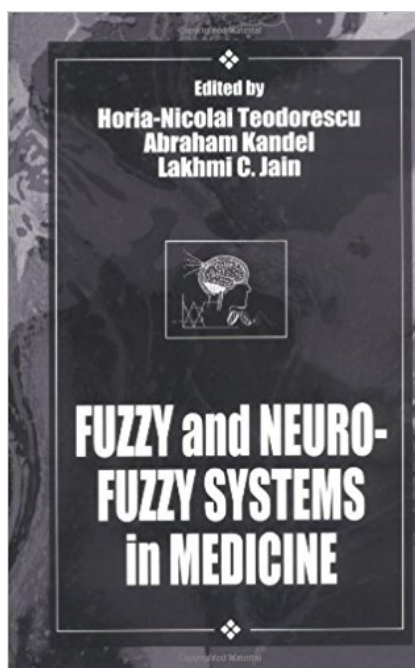
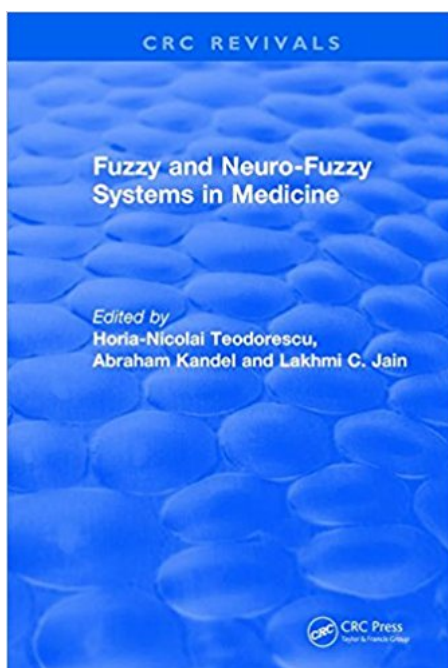
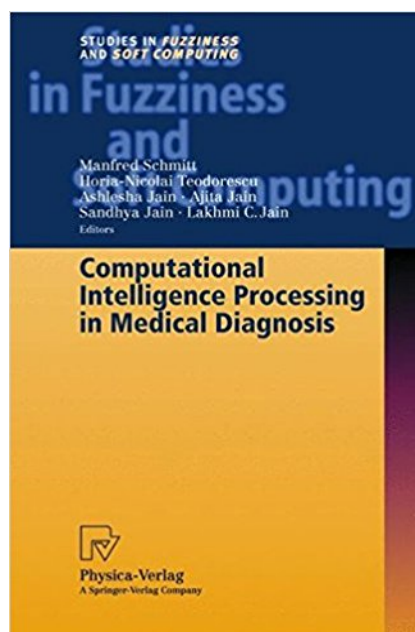
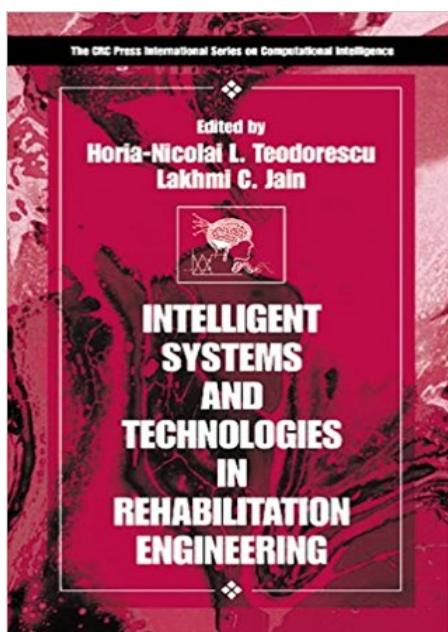
⁶⁹ G. Czibula, M.I. Bocicor, I.G. Czibula, *Temporal Ordering of Cancer Microarray Data through a Reinforcement Learning Based Approach*, PloS One journal, 8 (4): e60883, doi:10.1371/journal.pone.0060883, 2013

⁷⁰ L. Dioșan, A. Andreica, *Multi-objective breast cancer classification by using Multi-Expression Programming*, Applied Intelligence, 2015, 43(3): 499–511

⁷¹ A. Marinescu, Z. Balint, L. Dioșan, A. Andreica, *Dynamic Autonomous Image Segmentation based on GrowCut*, ESANN 2018, 2018 (accepted).

⁷² L. Dioșan, A. Andreica, *Multi-objective breast cancer classification by using Multi-Expression Programming*, Applied Intelligence, 2015, 43(3):499–511

⁷³ A. Marinescu, Z. Balint, L. Dioșan, A. Andreica, *Dynamic Autonomous Image Segmentation based on GrowCut*, ESANN 2018, 2018 (accepted).



Un grupaj de volume în domeniul sistemelor fuzzy
coeditate de H.N. Teodorescu.

Universitatea de Medicină și Farmacie din Craiova, prin grupul coordonat de Florin Gorunescu, are ca domenii de cercetare Inteligența Artificială, Învățare

automată, Data Mining, Statistică Computațională, cu aplicații în rețele neuronale artificiale, algoritmi evolutivi și de învățare, precum și optimizări. A dezvoltat noi paradigme de învățare: învățarea Bayesiană, stimulus-sampling/back-propagation, strategii evolutive pentru proiectarea și dezvoltarea sistemelor inteligente/sistemelor de așteptare, sisteme inteligente hibride, mașini cu suport vectorial etc. Aplicații semnificative sunt în prelucrarea imaginilor medicale, diagnoza computațională a cancerului colorectal, a cancer de sân și a diabetului.

Nu în ultimul rând, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași (prin Seminarul „Grigore Moisil” de la Facultatea de Electronică și Telecomunicații) și Institutul de Informatică Teoretică al Academiei Române, Filiala Iași, au dezvoltat de-a lungul a peste trei decenii atât domeniul teoretic al Inteligenței Artificiale, cât și aplicații în medicină și biologie (grupurile de cercetare coordonate de Horia-Nicolai Teodorescu și Dan Gâlea).

Aplicațiile medicale ale IA se referă la utilizarea logicii fuzzy și a rețelelor neuronale în prelucrarea și analiza imaginilor medicale, a bolii Parkinson (inclusiv prin analiza scrisului de mână), a celulelor sanguine și a biosemnalelor. Cercetări recente se referă la folosirea algoritmilor de inspirație biologică și metaeuristici de optimizare în segmentarea și alinierea imaginilor medicale, care oferă rezultate superioare metodelor tradiționale.

CONTRIBUȚII LA ÎNȚELEGEREA ȘI INTERPRETAREA IMAGINILOR STATICE ȘI VIDEO ÎN IA

Tudor Barbu, Vasile Apopei

Înțelegerea (interpretarea) imaginilor statice și video reprezintă un domeniu IA în care s-au adus contribuții semnificative în ultimii ani de către o serie de centre de cercetare din România.

În cadrul Facultății de Electronică și Telecomunicații a Universității „Politehnica” București funcționează, din 1995, Laboratorul de Analiză și Prelucrare a Imaginilor (LAPI). Un colectiv coordonat de Constantin Vertan dezvoltă tehnici de interpretare a imaginilor artistice, de recunoaștere și localizare a siglelor din imagini, de detecție și recunoaștere a figurilor și estimare a emoțiilor pe baza interpretării acestora, de estimare a stării mentale pe baza detecției și analizei ochilor, de diagnoză pe baza interpretării imaginilor medicale și de regăsire a imaginilor pe baza caracteristicilor semantice. De asemenea, *Grupul de procesare video* al LAPI, condus de Bogdan Ionescu, proiectează algoritmi de interpretare a secvenței video în scopul recunoașterii acțiunilor umane, urmării și recunoașterii obiectelor video, supravegherii video inteligente, indexării/regăsirii video pe baza conținutului semantic.

Cercetări avansate în domeniu se desfășoară și la Centrul de Cercetare Procesare de Imagini și Recunoașterea Formelor al Facultății de Automatică și

Calculatoare a Universității Tehnice Cluj-Napoca, coordonat de Sergiu Nedevschi. Colectivul respectiv a construit tehnici de vedere artificială pentru vehicule autonome, metode de interpretare automată a imaginilor și filmelor în vederea adnotării semantice și regăsirii, algoritmi de segmentare semantică a imaginii, modele de detecție, urmărire și recunoaștere a obiectelor video și persoanelor în mișcare, precum și tehnici de interpretare a imaginilor medicale. S-au derulat și proiecte de cercetare pe bază de contract în cadrul CCPIRF, ce deține și o serie de brevete naționale și internaționale.

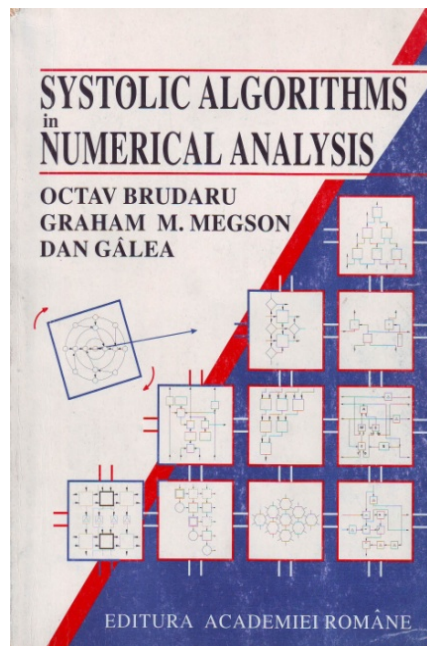
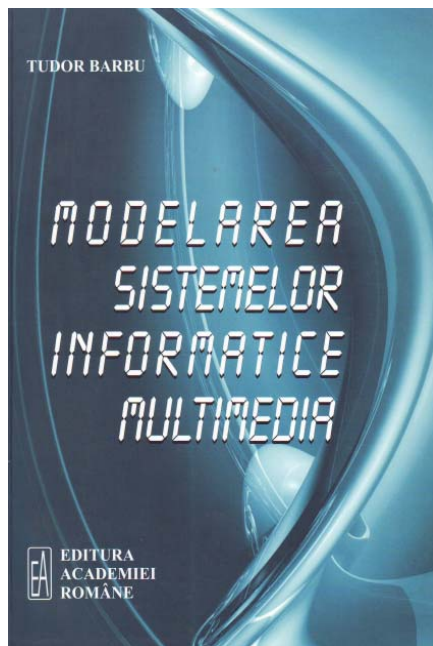
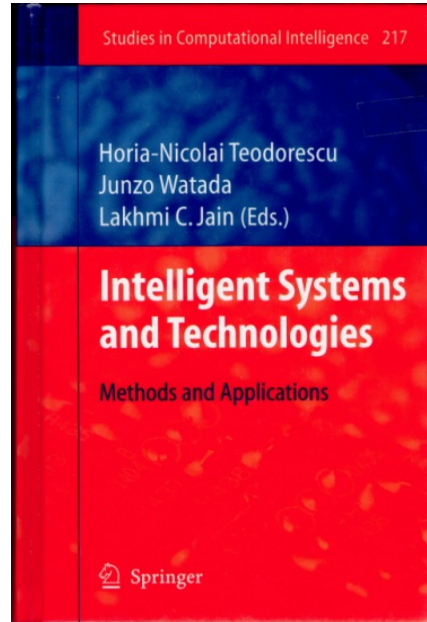
Un alt centru important de cercetare în domeniu este Centrul de Cercetare Științifică în Calculatoare al Facultății de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor a Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, (coordonat de Ștefan Pentiu), parte a *Asociației Române pentru Inteligența Artificială*. Colectivul Centrului a abordat teme de IA bazate pe înțelegerea imaginilor și filmelor, precum recunoașterea și interpretarea gesturilor în secvențe video, detecția și urmărirea persoanei, regăsirea secvențelor video pe baza semanticii, sau construirea de medii ambientale semantice. Tehnicile construite sunt diseminate în numeroase articole publicate în jurnale ISI cu factor mare de impact și volume ale conferințelor internaționale.

O activitate de cercetare în analiza imaginilor și IA se desfășoară și în cadrul Centrului de Cercetare în Tehnologia Informației, Electronică și Automatică al Facultății de Inginerie Electrică și Tehnologia Informației a Universității Oradea, coordonat de Ioan Buciu. Principala sa direcție de cercetare o constituie interpretarea automată a expresiilor faciale în imagini statice și video, în cadrul căreia a adus importante contribuții originale. De asemenea, colectivul centrului a construit tehnici de analiză de nivel înalt a imaginilor medicale în vederea depistării tumorilor, algoritmi de viziune artificială pentru conducerea asistată a vehiculelor, metode de recunoaștere, interpretare și urmărire a obiectelor video și pietonilor. Rezultatele cercetării sunt diseminate în jurnale cu FI ridicat, având un număr mare de citări.

Înțelegerea imaginilor digitale, cu precădere având caracter medical, este abordată și în cadrul Universității de Medicină și Farmacie „Iuliu Hațieganu” din Cluj-Napoca, de către un colectiv de cercetare condus de Augustin Prodan. Colectivul a propus tehnici de procesare, analiză și interpretare a imaginilor medicale reprezentând diverse leziuni. Totodată, a proiectat și implementat tehnologii de *E-Learning* pentru înțelegerea imaginilor medicale.

În cadrul Centrului de Cercetări Avansate în Informatica Aplicată al Universității Craiova, coordonat de Ion Iancu, se derulează cercetări în domeniul înțelegerii imaginilor medicale. Au fost propuse în special tehnici de interpretare a imaginilor histopatologice, dar și alte tipuri de imagini medicale au fost supuse analizei de nivel ridicat în vederea diagnozei.

Centrul de Cercetări în Sisteme Electronice Inteligente al Universității Politehnice Timișoara, condus de Marius Oteșteanu, se remarcă prin cercetările avansate în interpretarea gesticii umane, precum și în detecția, recunoașterea și urmărirea obiectelor imagistice / video.



Un grupaj de volume în IA publicate de autori din cadrul Institutului de Informatică Teoretică al Academiei Române.

Cercetări în domeniu au loc și în cadrul Institutului de Informatică Teoretică (IIT) al Academiei Române Filiala Iași. La IIT au fost dezvoltate o serie de tehnici de recunoaștere și interpretare a obiectelor imagistice, tehnici de detecție, recunoaștere

și urmărirea (*tracking*) a obiectelor video, tehnici de reconstrucție tridimensională pentru învățarea mediului de mișcare a unui robot⁷⁴, tehnici de analiza mișcării umane în secvențe video⁷⁵, tehnici pentru fuziunea de informații cu aplicații în îmbunătățirea calității imaginilor⁷⁶.

Tot la IIT au fost dezvoltati algoritmi sistolici, cu aplicații în optimizare dar și în procesarea de imagini⁷⁷.

Menționăm, de asemenea, cercetările efectuate de Mihai Bogdan, de la Universitatea București, în domeniul analizei și interpretării imaginilor satelitare, de teledetecție.

INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ – UNELE CERCETĂRI ÎN CADRUL FIRMELOR DIN ROMÂNIA: CONTINENTAL AUTOMOTIVE ROMÂNIA

Grup coordonat de Bogdan Branzilă, Marian Petrescu,
Continental Automotive Romania SRL

În cadrul companiei Continental Automotive există câteva proiecte care includ partea de Inteligență Artificială, realizate pentru a îmbunătăți confortul pasagerilor mașinii. În România, Iași, s-a început de curând lucrul la partea de cercetare privind pilotarea automată a mașinii. Dorința de a se ajunge la o mașină autonomă este din ce în ce mai mare pe piață datorită ratei mari de accidente, orice îmbunătățire adusă cu scopul de a reduce rata de accidente cere sisteme care ajută șoferii să facă față mai eficient și sigur condusului. Atingerea scopului de condus fără accidente cere un continuu progres în tehnologiile de asistență a condusului și o automatizare progresivă a procesului de conducere a mașinii, ținta fiind o mașină complet autonomă. Continental asigură funcționalități automate implementate cum ar fi asistență la menținerea benzii, control lateral, parcare automată, comunicarea între mașini, asistență la schimbarea benzii și altele.

Pe lângă sistemele automate, s-a început lucrul și pe partea de cercetare cu scopul final – mașină autonomă; pentru început se dorește dezvoltarea unui algoritm pentru conducere predictivă a mașinii. Ca primă direcție se va lucra foarte mult

⁷⁴ F. Rotaru, S. Pescaru, *Tehnici de reconstrucție tridimensională din imagini bidimensionale*, Publishing House of the Romanian Academy, București, 2014.

⁷⁵ R. Luca, *Clustering-based Human Locomotion Parameters for Motion Type Classification*, Studies in Informatics and Control, Vol. 25, No.3, Septembrie 2016, pp. 353–362.

⁷⁶ S. Bejinariu, F. Rotaru, C. Niță, *Morphologic Wavelets for Panchromatic and Multispectral Image Fusion, Soft Computing Applications*, Proceedings of the 5th International Workshop Soft Computing Applications (SOFA), pg. 573–583, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013; S. Bejinariu, F. Rotaru, C. Niță, *Information Fusion Techniques for Segmentation of Multispectral Images*. Memoirs of the Scientific Sections of the Romanian Academy, Series IV, Tome XXXV, Computer Science, 2012.

⁷⁷ Brudaru O., Megson G.M., Gâlea D., *Systolic Algorithms in Numerical Analysis*, Editura Academiei Române, București, 1996; Gâlea D., Brudaru O., *Introducere în calculul sistolic*, Editura Academiei Române, București, 1994.

pe partea de simulare și în viitor se vor folosi dispozitive reale, maparea mediului înconjurător fiind o adevărată provocare. Se dorește studiul situațiilor urbane și a condusului cu mai mulți agenți care interacționează într-un anumit mediu, rezolvarea situațiilor complexe cum ar fi modificări ale benzii și a locului unde se conduce, semafoare, obstacole, intersecții, estimarea comportamentului altora și evitarea coliziunilor și a blocajelor.

Prin folosirea Inteligenței Artificiale în conducerea predictivă față de modul obișnuit în care se desfășoară implementarea anumitor soluții, un mare avantaj ar fi că s-ar putea învăța comportamente ce ar duce la decizii viitoare în situații neprevăzute. Inteligența Artificială ajută la reducerea erorilor și îmbunătățirea eficienței algoritmilor. Fără o rețea neuronală care ar putea lua anumite decizii, nu putem vorbi despre conducere predictivă a mașinii, dat fiind că trebuie comportamentul mașinii să fie asemănător cu al unui șofer real. Va fi o mare provocare să putem garanta că mașina este într-adevăr sigură, deoarece un șofer se lovește în fiecare zi de situații neprevăzute. O soluție ar fi o rețea neuronală care să includă mai multe mașini care la rândul lor conțin rețele de învățare, astfel volumul de informații ar fi mult mai mare și antrenarea rețelei se va face mult mai eficient.

Notă (HN Teodorescu)

Specialiști români angajați la firma Continental Automotive au contribuit la mai multe invenții ale firmei. De exemplu, o invenție interesantă privește înregistrarea datelor video numai la apariția unor evenimente și este descrisă în cererea US2018007323 (publicată în 2018), „Apparatus and Method for Recording Data Associated with a Vehicle”. Aceasta invenție are trei inventatori români și unul german. O altă cerere de invenție recentă (2018) din domeniu, la care primul inventator este un român este DE102016214180 (2018).

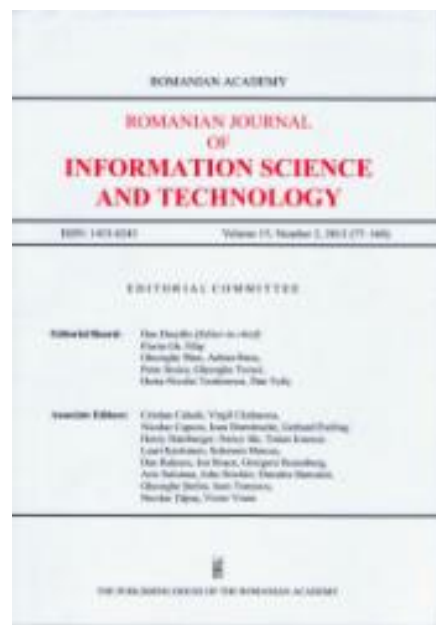
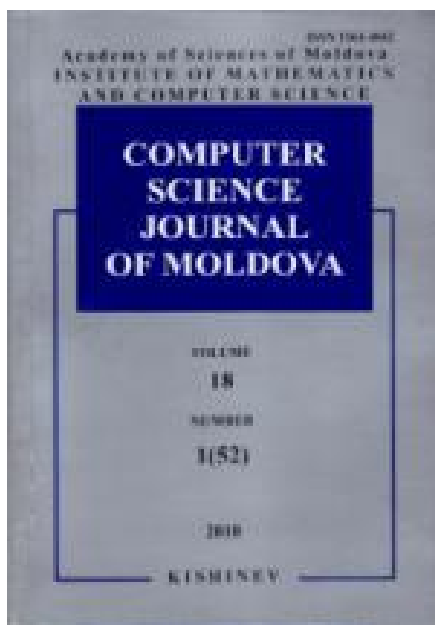
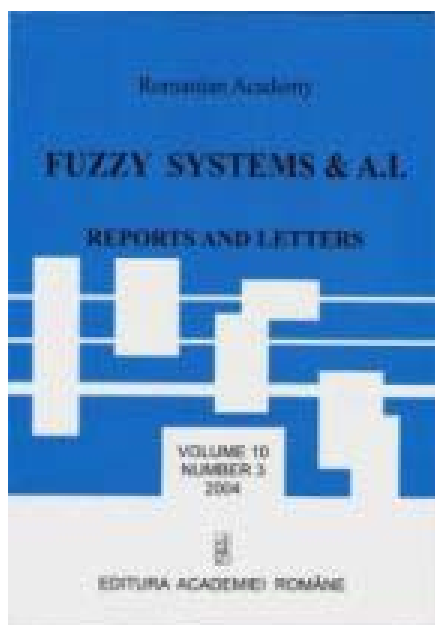
REVISTE DEDICATE INTEGRAL SAU ÎN MARE MĂSURĂ DOMENIULUI I.A.

Horia-Nicolai Teodorescu

Prima revista exclusiv dedicată IA din România a fost Magazine for Fuzzy Systems & I.A.⁷⁸, apărută în 1991, fiind urmată de revista Fuzzy Systems & A.I. – Reports and Letters, Edit. Academiei Române, 1993–2008. Alte reviste cu un număr mare de articole publicate în I.A. sunt Proceedings of the Romanian Academy – Series A, Romanian Journal of Information Science and Technology (ROMJIST), Studies in Information and Control (SIC, publicată de ICI), International Journal of Computers Communications & Control (IJCCC, editor principal Ioan Dzitac),

⁷⁸ Teodorescu H.N., *Fuzzy Systems In Romania, Fuzzy Sets And Systems*, Vol. 59 No. 3, 320–321, Nov. 10, 1993.

iar la Chişinău, Computer Science Journal of Moldova. Numeroase alte reviste publicate de Academia Română și de universități publice în mod curent articole în domeniu.



Reviste ale Academiei Române și ale Academiei de Științe a R. Moldova care au publicat studii de IA.

INFORMATICA INDUSTRIALĂ. REALIZĂRI ȘI CONTRIBUȚII ROMÂNEȘTI ÎN DEZVOLTAREA ȘI UTILIZAREA SISTEMELOR IT ÎN TIMP REAL, PENTRU CONDUCEREA PROCESELOR INDUSTRIALE

ADRIAN DAVIDOVICIU

Pentru o economie națională modernă și competitivă, utilizarea tehnicii de calcul pentru conducerea proceselor industriale este deosebit de importantă, datorită efectelor economice semnificative privind în principal reducerea costurilor de fabricație și asigurarea unei calități superioare a produselor realizate.

Totodată, realizarea unor sisteme IT de conducere a proceselor tehnologice prezintă unele dificultăți specifice, datorită necesității rezolvării corespunzătoare a cuplării dintre sistemele de calcul și procesele tehnologice, a conlucrării dintre calculatoare de proces cu sistemele de automatizare, de cuplare cu traductoarele, cu elementele de execuție, privind și aspecte specifice de transmitere a semnalelor, de interfațare cu operatorii umani și nu în ultimul rând, a elaborării programelor (software) specifice.

Producerea și utilizarea sistemelor IT în conducerea proceselor industriale în economia unei țări reprezintă un semn de maturitate a dezvoltării informaticii în acea economie.

Aceste dificultăți specifice utilizării tehnicii de calcul în conducerea proceselor de producție au făcut ca și în România, elaborarea și implementarea acestor tipuri de sisteme IT să cunoască inițial o anumită întârziere în comparație cu alte domenii de utilizare a calculatoarelor, cum ar fi utilizarea lor pentru calcule tehnico-științifice, aplicații în domeniul economic și similare, întârziere care a fost recuperată în mare parte în timp, specialiștii români în domeniu având o contribuție importantă.

Aceste considerente au determinat preocupări semnificative și în România pentru cercetarea, proiectarea și realizarea sistemelor IT pentru conducerea în timp real a proceselor industriale în economie.

Aceste lucruri s-au realizat în principal datorită eforturilor susținute de industrializare și modernizare a economiei naționale, a creării unor instituții și colective de specialitate (Institutul de Proiectări Automatizări – IPA, Institutul de Cercetări în Informatică – ICI, colective de specialiști din institutele cercetare – proiectare din diverse ramuri ale economiei naționale, cum ar fi metalurgia, chimia,

energetica ș.a.) și a înființării unor forme de învățământ superior de specialitate (facultăți și departamente/catedre de Automatică–Calculatoare în cadrul principalelor institute politehnice și universități din București, Timișoara, Cluj-Napoca, Craiova, Ploiești, Iași, Brașov, Galați ș.a.).

Au existat forme diverse de contacte și de colaborare cu instituții de specialitate din alte țări (în special din Europa, din SUA și din China), sub forma unor convenții de colaborare interacademice, participări la manifestări științifice și tehnice de specialitate (printre care cele organizate de International Federation for Automatic Control – IFAC și altele), convenții interguvernamentale, stagii de pregătire și de perfecționare a cadrelor de specialiști.

Aceste contacte internaționale au determinat ca preocupările și realizările din România în domeniul sistemelor IT pentru conducerea în timp real a proceselor industriale în economie să fie la nivelul calitativ din alte țări, uneori chiar peste acest nivel din unele țări cu industrii avansate, cu un decalaj nesemnificativ în timp.

Primele aplicații semnificative în România de conducere cu calculator a proceselor industriale au început în anii 1960, odată cu înființarea Institutului de Proiectări Automatizări (IPA).

În anul 1962 s-a constituit, în cadrul IPA, Atelierul „Automatizări Complexe” (IPA-AC), orientat pe elaborarea, utilizarea, promovarea aplicațiilor de automatizare cu calculatoare. Acest laborator a fost condus de ing. **Nicolae Costake**, unul dintre pionierii și veteranii sistemelor informatice în economie în România. Printre membrii acestui atelier care au contribuit la proiectarea și implementarea unor aplicații de conducere cu calculatoare a proceselor de producție, menționăm pe inginerii Anca Dumitrescu, Doina Dumbrava, Alina Ionescu, Maya Felea (Dan), Ioan Bătrână, Gheorghe Cheregi, Ioan Sandu Lazăr, Ivan Sipoș, Claudiu Niculescu-Mott, Adrian Davidoviciu ș.a.



Nicolae Costake

Industria românească nu producea în acei ani echipamente de calcul care să corespundă cerințelor tehnice ale aplicațiilor de conducere cu calculator a proceselor industriale, astfel încât în perioada 1960–1970 s-au folosit cu precădere calculatoare din import.

Atelierul AC din IPA a promovat colaborări cu institutele de proiectări tehnologice, respectiv atelierele lor de automatizări din diversele ramuri ale economiei naționale. Într-o primă fază realizările s-au referit la domenii caracterizate de procese tehnologice cu precădere de tip continuu, cum erau: metalurgia, energetica, chimia și similare. Pentru procesele tehnologice cu caracter discret, de tip montare – asamblare, caracteristice industriei constructoare de mașini, aplicațiile de conducere cu calculatoare de proces au debutat mai târziu, odată cu realizarea roboților industriali românesti și a unor tehnici avansate cum ar fi vederea artificială, recunoașterea formelor și similare.

Prima realizare importantă a Atelierului de Automatizări Complexe din cadrul IPA a fost conducerea cu calculator a unei coloane de distilare de la Rafinăria

„Lazăr Edeleanu” (fosta Vega) – Ploiești. Proiectul inițial a constat într-o soluție hibridă: calculator analogic specializat pentru comanda debitului de reflux și un calculator numeric de proces specializat (program cablat) de tip optimizator („peek seeking optimizer”) prin căutare în pași în cadrul unui domeniu admisibil. Echipamentul (inclusiv convertorul analog / numeric, logica, și soluția de comandă a mărimilor de referință ale reguletoarelor automate convenționale – Foxboro) a fost proiectat și realizat în atelierul AC din IPA, sub coordonarea ing. Ioan Sandu Lazăr.

O altă realizare în anii 1960 a unui colectiv din cadrul Atelierului de Automatizări Complexe de la IPA, compus din ing. Claudiu Niculescu-Mott și ing. Adrian Davidoviciu, a fost proiectarea și implementarea unui sistem modular de calculator de proces ARCH-1000 (produs de firma Elliot Automation – Anglia) la Termocentrala Iernut (Târgu Mureș), o contribuție importantă având și directorul tehnic al Termocentralei, ing. V.Simon.



Calculatorul de proces ELLIOTT ARCH-1000 (Termocentrala Iernut).

Atelierului de Automatizări Complexe din cadrul IPA a participat, împreună cu institutul de proiectare de specialitate IPROLAM din cadrul Ministerului Metalurgiei, la importul unui calculatorului Elliott 803 / 609 (Anglia) pentru conducerea foarfecii volante a liniei de semifabricate de la sectorul laminoare al Combinatului Siderurgic Hunedoara (CSH), pentru tăiere optimă a lungimii semifabricatelor. Specialiștii din IPA au elaborat și primul program pentru acest calculator, care a intrat în exploatare la C.S. Hunedoara. Inginerii de la C.S. Hunedoara Iulian Satran, Gabriel Gonda, Zoltan Horvath, mat. Virgil Chichernea ș.a. au avut o contribuție decisivă la implementarea sistemului de calculator de proces Elliott.



Calculatorul Elliott 803/609 (C.S. Hunedoara).

Începând cu anul 1964 și până în 1978, calculatorul Elliott 803/609 (cu intrare și ieșire pe banda perforată) a fost un loc în care mulți proiectanți din România veneau pentru efectuarea de calcule tehnico-științifice, utilizând timpul lăsat disponibil de funcția de comandă a procesului tehnologic.

Cu ocazia înființării Dispecerului Energetic Național (DEN) din cadrul Ministerului Energiei Electrice, începând cu anul 1955 se realizează, în anii următori și un sistem de supraveghere/conducere cu calculatoare de proces importate de la firma Siemens (Germania). Un aport deosebit la implementarea și operarea acestui sistem l-au avut ingineri specialiști printre care au fost Victor Romert, Ioan Dimitriu, Ioan Barbu și alții din cadrul DEN.

După anul 1960 s-au implementat și alte aplicații de conducere cu calculatoare de proces cu precădere în industrii ca industria chimică, metalurgie, energetică etc. cu contribuția unor specialiști din centrele de calcul din întreprinderile respective și institutele de cercetare/proiectare din aceste industrii. Dintre realizările mai semnificative se menționează și cele de la Combinatele Siderurgice de la Reșița și Galați, Combinatele chimice de la Pitești și Midia etc.



Dispecer energetic.

De menționat numele unor specialiști din aceste unități, care au contribuit la succesul acestor realizări: ing. V. Laiber (chimie), ing. D. David (chimie), ing. Mircea Gruiescu (chimie), ing. Cornel Marian (metalurgie), ing. Cornel Păiuș (metalurgie), ing. Cristian Pârvan (metalurgie) ș.a.

În anii 1980, odată cu construcția Centralei Nucleare-Electrice de la Cernavodă, un colectiv din cadrul Institutului de Tehnică de Calcul (ITC) a demarat asimilarea în țară a unui sistem de supraveghere-conducere cu calculator de proces a funcționării reactoarelor și a grupurilor energetice și a realizat implementarea sistemului începând cu grupul 2 din Centrală. Colectivul era organizat într-un laborator special, în cadrul ITC și a fost coordonat de ing. Rosu Mihai.

În anul 1973, în cadrul Institutului de Cercetări în Informatică (ICI) s-a considerat că activitatea trebuie extinsă și în domeniul informaticii industriale,

pentru conducerea proceselor tehnologice, preocupare care nu există în cadrul institutului până în acel moment. În acest scop s-a înființat un Laborator de Calculatoare de Proces (LCP), condus de dr.ing. Adrian Davidoviciu, care avea experiența anterioară în domeniu, în cadrul Institutului de Proiectări pentru Automatizări (IPA).

Colectivul inițial al acestui laborator a fost constituit din specialiști aduși din alte laboratoare ale ICI (Aurel Nemeș, Gavril Gavrilesco, Liana Nițulescu, Grigore Bozga ș.a.), din unele unități de informatică reprezentative în domeniu (Andrei Romulus, Dan Mihalca, Pierre Rădulescu-Banu ș.a.) precum și tineri absolvenți ai Facultății de Automatică și a Facultății de Matematică-Informatică, unii șefi de promoție, care s-au adăugat pe parcursul anilor (Magda Radu, Grigore Bozga, Adriana Alexandru, Constantin Vasiliu, Vasile Sima, Theodor Dan Popescu, Doina Popovici, Miron Laza, Andraș Varga, Florin Hărtescu, Grigore Florescu, Mitică Dumitru, Radu Rădescu, Viorel Mihăilă, Iulia Tufiș, Daniel Pestroiu, Adrian Domide, Adrian Moangă, Mihnea Vrejoiu, Florian Vladimir, Anca Breabăn, Oprică Nețoiu, Theodor Stănescu ș.a.).

După cum s-a mai menționat la începutul acestui articol, în acea perioadă în România nu se fabricau echipamente de calcul de tip industrial, cu excepția unor echipamente de control centralizat, la Fabrica de Elemente de Automatizare (FEA), sub licența Hokushin (Japonia).

În consecință, Programul de Informatică Industrială de conducere a proceselor tehnologice din ICI s-a concentrat pe două direcții principale.

1. Stabilirea, împreună cu unele ministere economice a unor aplicații IT de conducere a proceselor tehnologice, cu implicarea directă a specialiștilor ICI la implementarea unora dintre aceste aplicații (de exemplu, în cadrul Ministerului industriei lemnului, celulozei și hârtiei), precum și susținerea colectivelor de specialiști din ministerele respective în realizarea de asemenea sisteme (de exemplu, ministerele metalurgiei, chimiei, energiei electrice etc.), elaborarea de materiale metodologice, avize de dotare cu echipamente de calcul, avize de import etc.

2. Determinarea întreprinderilor industriale de specialitate din România să asimileze producerea în România a unor echipamente specifice conducerii cu calculator a proceselor tehnologice, și ulterior și cu ajutorul roboților industriali, laboratorul de specialitate din ICI asumându-și sarcinile legate de aspectele de elaborarea de software pe care le implicau aceste tipuri de aplicații: analiza și modelarea proceselor industriale, modele de optimizare, sisteme de operare în timp real, pachete de programe standard aplicative specifice etc.

O primă acțiune concretă a fost implementarea unui sistem de conducere cu calculator de proces la Combinatul de Celuloză și Hârtie (CCH) din Suceava, în colaborare cu firma Accuray (SUA), specializată în traductoare cu surse de radiații privind calitatea / gramajul hârtiei și posesorul unor modele matematice de reglare automată pentru mașinile de fabricat hârtie. Drept calculator de proces s-a utilizat un minicalculator Honeywell (SUA). Proiectul s-a derulat în perioada 1974–1976. Un aport deosebit au avut ing. Aurel Nemeș și ing. Grigore Bozga din cadrul ICI precum și personalul de specialitate din partea Combinatului de Celuloză și Hârtie Suceava ca Beneficiar și din Centrul Teritorial de Calcul Suceava, unitate subordonată ICI.

Obiectivele urmărite de acest proiect au fost de a demonstra eficiență economică directă a acestor tipuri de aplicații informatice, dobândirea de experiență în implementarea unor asemenea aplicații, stabilirea unor cerințe pentru echipamentele de calcul specifice, dobândirea de experiență privind utilizarea minicalculetoarelor, a sistemelor de operare în timp real, a programelor software specifice de colectare a datelor din procesul tehnologic, a algoritmilor de conducere și de transmitere de comenzi spre procesul tehnologic, a dialogului între sistemul informatic de conducere a proceselor tehnologice și operatorii umani tehnologi.

Aceste obiective au fost atinse cu succes și au permis abordarea în continuare cu prioritate a celei de a doua direcții de preocupări, amintită mai sus, legată de asimilarea în țară a fabricației de echipamente de calcul care să permită realizarea pe scară largă de aplicații de conducere cu calculator a proceselor tehnologice.

Pe linia implicării în asimilarea în fabricație în țară de echipamente de calcul utilizabile în informatica industrială, ICI a colaborat direct atât cu instituțiile de specialitate din țară, cât și pe linia colaborărilor internaționale. Astfel, specialiștii din ICI au contribuit direct la studiile care au condus la elaborarea în țară și asimilarea în fabricație a unor minicalculetoare compatibile cu cele de tip DEC PDP-11 și VAX (SUA), respectiv minicalculetoarele CORAL-4000 (colectiv coordonat de ing. Dan Tonceanu și ing. Bogdan Cocora, la Fabrica de Calculatoare Electronice – București) și Independent-100 (colective din Institutul de Tehnică de Calcul și de la Fabrica de Calculatoare Electronice – București), colaborând în acest scop în principal cu Institutul pentru Tehnică de Calcul și cu Întreprinderea de Calculatoare Electronice (ICE Felix), precum și la orientarea spre asimilarea în fabricație a unor interfețe de conectare de proces la ICE Felix (echipamentele de tip SPOT-83, colectiv coordonat de ing. Mircea Brozici) și Institutul de Proiectări Automatizări (IPA) și Întreprinderea de Elemente pentru Automatizare (echipamentele de tip ECAROM-880/881, bazat pe calculatorul Felix C32-P, o variantă specializată a calculatorului universal Felix C32). Printre unitățile industriale care au utilizat aceste calculatoare se numără: Oltcit Craiova, DEN București, Întreprinderea de exploatare a gazului natural Sighișoara, Dispeceratul Canalului Dunăre–Marea Neagră etc.



Calculatorul de proces SPOT-83 (FCE Felix).

Laboratorul de Calculatoare de Proces (LCP) din cadrul ICI a contribuit direct în elaborarea, adaptarea și experimentarea unor componente ale sistemelor de operare pentru echipamentelor enumerate, mai ales a unor module standard / biblioteci de programe specifice aplicațiilor de conducere cu calculator a proceselor tehnologice. Colecția de asemenea componente software standardizate parametrizabile, deci adaptabile fiecărei aplicații concrete în parte, au purtat denumirea de PROCES-MINI / PROCES-MICRO și au fost folosite în cadrul unor aplicații implementate ulterior de colectivul din ICI, cu o contribuție semnificativă din partea următorilor ingineri-cercetători: Romulus Andrei, Florin Hărtescu, Adrian Moangă, Grigore Florescu, Dumitru Mitică, Radu Rădescu, Iulia Tufiș, Doina Popovici, Viorel Mihăila, Adriana Alexandru, Laza Miron, Eugen Constantin, Banu-Pierre Rădulescu, Adrian Domide ș.a.

Dintre proiectele de sisteme de conducere cu calculator a unor procese tehnologice menționăm pe cele realizate pentru beneficiari din țară: Sistem de supraveghere și conducere a proceselor la Uzina Tractorul Brașov; Sistem de supraveghere și conducere a proceselor la Combinatul de Fire și Fibre Câmpulung; Sistem de supraveghere și conducere a proceselor la IRE Brașov și IRE Suceava; Sistem de supraveghere și conducere a proceselor la Întreprinderea de Produse Cărbunoase Slatina. De asemenea, s-au realizat două proiecte pentru beneficiari din străinătate la Combinatul Siderurgic Krivoi-Rog (Ucraina) și la Combinatul Siderurgic din Mangalore (India). La ambele proiecte s-a colaborat cu IPROMET, Uzinexport, Întrep. de Calculatoare Electronice (ICE Felix) și Întreprinderea Automatică.

De asemenea, s-a dezvoltat un sistemul de conducere cu calculator a triajelor de cale ferată Videle și București, care a folosit, în premieră, o interfață de proces bazată pe standardul CAMAC, specific aplicațiilor din zona reactoarelor nucleare (cu contribuții din partea ing. Magda Radu și ing. Mircea Drăghicescu din ICI și ing. I. Râmniceanu – specialist din cadrul Institutului de Carcetări Căi Ferate).



Robotul industrial.

Începând cu anul 1980, în cadrul Laboratorului Calculatoare de Proces din ICI s-a constituit un colectiv distinct având ca obiect sistemele de conducere cu calculator a sistemelor de roboți industriali și de vedere artificială / recunoaștere a formelor. Colectivul din ICI, condus de ing. Magda Radu și din care au mai făcut parte Iulia Tufiș, Doina Popovici, Mihnea Vrejoiu, Florian Vladimir, Anca Breaban,

Oprică Nețoiu ș.a., a colaborat cu Întreprinderea Automatică și cu Institutul pentru Automatizări (IPA) în cercetarea și realizarea de software specific comenzii familiei de roboți industriali românești RIP-6.3/RIP-20/RIS-60, a vederii artificiale, a recunoașterii de forme și asamblării cu ajutorul roboților industriali.

Pentru rezultatele deosebite ale activității în acest domeniu, colectivelor care au realizat Robotul Industrial românesc RIP 6.3 li s-a acordat Premiul „Aurel Vlaicu” al Academiei Române, în anul 1983, respectiv colectivului de robotică industrială din ICI pentru partea de software (**R. Magda**, A. Moanga, M. Laza, **D. Mihalca**, **A. Davidoviciu**), colectivului din Întreprinderea Automatică pentru partea mecanică (D. Cosmin, M. Mihail-Dan, A. Voinescu, F. Moșoiu, E. Oprea, D. Nedelea, S. Dobrescu, L. Geambașu, P. Orbeșteanu, C. Pânzar, L. Voinescu) și colectivului din Institutul de Proiectări Automatizări pentru partea de comandă (**Șt. Fruștok**, M. Sârbu, D. Bruda, A. Liță, R. Lazăr, S. Sersea, N. Dumitreascu, M. Bistran, I. Solomon, M. Pânzar).



Dr. ing. Adrian Davidoviciu



Ing. Romulus Andrei



Ing. Dan Mihalca



Ing. Radu Magda (ICI)



Ing. Ștefan Fruștok-Matei (IPA)

Colectivul din ICI a demarat și lucrări de cercetare–dezvoltare în aspecte conexe utilizării roboților industriali în operațiunile de asamblare–montaj, cum ar fi vederea artificială, recunoașterea formelor etc.



Lucrări de autori români.

În cadrul Laborator de Calculatoare de Proces (LCP) din ICI s-a constituit, începând cu anul 1975, un colectiv distinct având ca obiectiv efectuarea de cercetări în domeniul sistemelor automate avansate: analiza și modelarea sistemelor complexe, identificarea și estimarea parametrilor sistemelor, optimizarea, simularea, proiectarea sistemelor de conducere cu calculator a proceselor și instalațiilor tehnologice, controlului adaptiv și robust, calculelor tehnico-științifice etc. Colectivul, condus de ing. Constantin Vasiliu, a avut în componență pe dr. ing. Vasile Sima, dr. ing. Theodor Dan Popescu, dr. ing. Andraș Varga ș.a. Activitatea acestui colectiv a avut un caracter de premieră pe plan național și s-a desfășurat în paralel cu elaborarea unor pachete de programe similare la universități și institute de prestigiu din lume. Unele din produsele software elaborate (SIPAC, IDPACK-PC, ADCON, CASAD) figurează în catalogul de produse – program ELCS – The Extended List of Control Software, editat în Elveția la Department of Automatic Control, Swiss Federal Institute of Technology, ediția 1992 și au făcut obiectul a două exporturi în China și a unor omologări internaționale.

În cadrul ICI s-au inițiat și dezvoltat cercetări și realizări și în domenii conexe sistemelor IT pentru conducerea în timp real a proceselor industriale în economie. Din această categorie fac parte cercetările în domeniul sistemelor ierarhice de conducere, sistemelor suport pentru decizii etc., contribuții deosebite în acest domeniu având colectivul condus de dr. ing. **Florin Gheorghe Filip** și din care au făcut parte specialiști ca ing. Dan Donciulescu, ing. L.Orășanu, ing. M. Muratcea ș.a. Printre alți specialist din acest domeniu, din cadrul ICI și din Universitatea Politehnică București menționăm pe dr. ing. **Bărbat B.**, ing. G. Neagu, dr. ing. M. Guran, prof. dr. ing. I. Dumitrache (IPB) ș.a.

Principala realizare al acestor cercetători a fost sistemul IT suport pentru decizii în mediu industrial DISPECER, care a fost implementat la C.P. Midia, C.P. Brazi, C. Solventul Timișoara, Regia Apelor „Argeș-Vedea” ș.a., și a fost exportat la firma Systematics din Bulgaria.



Lucrari de autori români.

Dintre alte proiecte importante realizate de către specialiștii din ICI (Laboratorul Calculatoare de Proces), devenit ulterior Laboratorul de Sisteme Complexe în Timp Real) se menționează: Sistem de operare în timp real pentru microcalculatoarele românești; Sistem informatic pentru protecția mediului; Sistem informatic pentru monitorizarea și alarmarea timpurie în cazul unor dezastre ș.a.

Mai mulți specialiști români din acest domeniu au publicat lucrări de specialitate sub forma unor volume tipărite de diverse edituri din România și din străinătate. Dintre acești autori menționăm: N. Costake, A. Davidoviciu, R. Magda, D. Mihalca, A. Nemeș, I.S. Lazăr, **Florin Gheorghe Filip**, **Boldur Bărbat**, I. Dumitrache, A. Moangă, Gh. Drăgănoiu, E. Deatcu, D.N. Dobrescu, Fl. Ioanițescu, T. Ionescu și alții.



Acad. Florin Gheorghe Filip



Prof. dr. ing. Boldur Barbat

Un număr semnificativ de specialiști din domeniu au publicat articole în reviste de specialitate din România și din alte țări, și au avut prezentări despre contribuțiile din domeniu la Congrese (în special evenimente IFAC – International Federation for Automatic Control) și alte evenimente tehnico-științifice importante.



Lucrari de autori români



Lucrări de autori români.

În cele de mai sus s-au menționat principalele realizări mai semnificative de introducere în economia națională a României al aplicațiilor IT în Timp Real de conducere a proceselor industriale precum și numele unor persoane care au avut o contribuție semnificativă în acest domeniu, fără a avea pretenția că aceste menționări nu au și unele scăpări.

INFORMATICA ECONOMICĂ: TRECUT, PREZENT ȘI VIITOR

ION IVAN

DOMENIUL INFORMATICII ECONOMICE

Informatica economică este un domeniu de sine-stătător, ceea ce necesită o abordare cu instrumente specifice pentru a-i înțelege particularitățile, aria de cuprindere, tipurile de probleme pe care le include, factorii de influență, componentele care intră în structura sa și mecanismele de dezvoltare. În acest context se stabilește că informatica economică:

– este un domeniu de graniță care presupune cunoștințe solide de matematică, de inginerie și economice, a căror folosire simultană garantează obținerea de soluții software și de sisteme informatice eficiente pentru problemele de producție din întreprinderi, dar și pentru alte entități unde apar fluxuri financiare, criterii de performanță care se exprimă în primul rând prin profit sau prin pierderi;

– are ca obiectiv dezvoltarea de aplicații software, de sisteme informatice suport de decizie pentru toate laturile ce vizează activități de natură economică din întreprinderi astfel încât dintre soluțiile propuse pentru sortimente de produse, pentru derularea proceselor de producție, pentru măsurarea unor indicatori economici, să fie alese cele mai avantajoase în raport cu criteriile de maximizare a profitului, a productivității, a calității sau de minimizare a costurilor, a pierderilor sau a duratelor de execuție;

– include proiectarea și realizarea de tehnici, metode și instrumente destinate asistării proceselor de realizare a sistemelor informatice complexe care să cuprindă cât mai multe dintre funcționalitățile organizațiilor și care să aibă un astfel de nivel de flexibilitate, care să le permită adaptarea la cerințelor dinamice care se manifestă în economia reală, pentru ca și în plan informatic organizația să aibă capacitatea de a se adapta rapid, pentru a avea informațiile necesare derulării integrale a unui management adaptiv;



Clădirea Facultății de Cibernetică,
Statistică și Informatică Economică.

– generează o bogată tematică pentru cercetarea științifică în care sunt abordate aspecte economice folosind un aparat matematic modern, iar soluțiile țin seama de restricțiile tehnice pe care resursele informaticii le impune tot timpul; cercetarea din domeniul informaticii economice presupune abordarea cu realism, pornind de la aspect concrete din economie, a obiectivelor pentru fiecare temă, stabilirea criteriilor de optim în raport cu cerințele pieței sau cu nevoile sociale, includerea restricțiilor care definesc problema de rezolvat cu abordare prin prisma cheltuielilor și identificarea tuturor variantelor de evoluție a fenomenelor și proceselor, astfel încât construcțiile realizate în plan informatic să reflecte corect și complet realitatea din întreprindere sau din oricare altfel de entitate;

– impune dezvoltarea unui proces de diseminare a rezultatelor pozitive, obținute fie în activitatea de cercetare științifică, fie în activitatea de dezvoltare de produse software, fie în activitatea de realizare a sistemelor informatice economice, în vederea generalizării soluțiilor, fie în vederea reutilizării produselor informatice și în alte organizații cu sau fără adaptări, de la caz la caz;



Clădirea Centrului de calcul ASE.

– conduce la conturarea unor categorii de specialiști care să răspundă provocărilor actuale ale dezvoltării de aplicații informatice pentru economie, căci ciclul de dezvoltare al unui sistem informatic economic are particularitățile sale dacă este comparat cu orice alt sistem informatic realizat pentru conducere de procese, pentru optimizare activității roboților sau pentru gestiunea datelor din meteorologie; analiștii și programatorii care dezvoltă aplicații informatice de contabilitate trebuie să aibă noțiuni solide de economice pentru a structura corect funcționalitățile și mai ales pentru a defini acele interfețe cu managerii, cu celelalte categorii de economiști din întreprinderi sau cu executanții;

– propune proiecte în vederea obținerii finanțării pentru dezvoltarea de sisteme informatice complexe la nivel național, întrucât acum mai mult ca oricând problematica accesului la resurse a oricărui cetățean trebuie să se efectueze cât mai simplu, iar sistemele de achiziții și de plăți online sunt analizate prin prisma unor indicatori economici esențiali, care facilitează luarea de decizii cât mai eficiente la toate nivelurile, de cât mai mulți decidenți, fie din sfera managementului, fie din sfera de execuție, fiecare având criterii proprii de eficiență;

– alocă și nivelează resurse folosind drept criterii agregate precum minimizarea duratei de execuție și minimizarea cheltuielilor de realizare a proiectului de sistem informatic economic, cu identificarea pe fiecare etapă a ciclului de dezvoltare a variantelor concrete de acțiune, simultan cu efectuarea estimărilor de cheltuieli asociate fiecărei variante, astfel încât să fie aleasă varianta care determină atât o durată redusă, cât și cheltuieli reduse;

– echilibrează discrepanțele dintre necesarul și disponibilul de resurse informatice, prin generarea de variante și prin ierarhizarea variantelor folosind

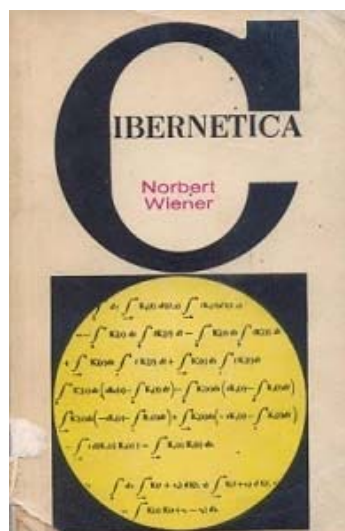
criterii economice dintre cele mai variate; numai dezechilibrele create și întreținute între necesarul și disponibilul de resurse, precum și lipsa unei abordări profund economice prin prisma profiturilor, determină întreruperea unor proiecte din lipsă de finanțare sau din implementarea unor soluții ineficiente, aspect care se demonstrează undeva pe parcursul ciclului de realizare;

– optimizează costurile de realizare a sistemelor informatice folosind modele practice care pun față în față cerințele în plan informatic ale fiecărui sistem informatic economic cu necesitățile sociale ale acestuia și, respectiv, cu disponibilul de resurse pe care societatea are capacitatea de a le imobiliza pe termen mediu și pe termen lung în zona informaticii aplicate în economie;

– stabilește momentele optime în care se realizează actualizarea bazelor de date, se derulează procesele de mentenanță, se realizează reingineria produsului informatic; de asemenea, se stabilește momentul în care se produce înlocuirea produsului informatic cu altul aparținând unei noi generații; pentru stabilirea tuturor acestor momente se construiesc modele economice în care apar cheltuieli, pierderi dacă nu se produc acele activități și câștigurile estimate care însoțesc actualizarea, mentenanța și, respectiv, reingineria odată realizate;

– traduce în costuri fiecare element ce apare în procesul de realizare a sistemelor informatice economice, ceea ce permite efectuarea de calcule de eficiență, întrucât sunt translatate modele din domeniul eficienței economice a investițiilor spre zona aceasta a analizei de eficiență a sistemelor informatice economice; încă de la stabilirea obiectivului pe care trebuie să-l îndeplinească orice produs informatic, specialistul în informatică economică, fie că este el manager de proiect informatic, analist de sistem informatic economic sau programator specializat pe aplicații economice.

Trebuie spus din start că România a fost conectată puternic la tot ceea ce a însemnat cibernetică și informatică pe plan mondial. Publicarea în anul 1966, în Editura Științifică din București, a lucrării lui Norbert WIENER intitulată *Cibernetica* sau *Știința comenzii și comunicării la ființe umane*, evidențiază preocuparea specialiștilor de la noi de a avea acces la tehnicile și metodele cibernetice direct de la părintele acestei științe. În aceeași linie se înscrie publicarea începând cu anul 1983 a primelor trei volume ale monumentalei lucrări a lui D.E. Knuth, având titlul original *Art of Computer Programming*, care la noi au avut titlul *Tratat de programare a calculatoarelor*, în traducerea excepțională a colectivului format din Rodica Boconcios, Adrian Davidoviciu, Petre Dimo, Florin Moraru, Adrian Petrescu, Ion Sipoș, ei înșiși specialiști de primă mărime în computer science. La Editura Tehnică a existat o secțiune specializată dedicată publicării cărților de sisteme de operare, de rețele de calculatoare și de programare a calculatoarelor, care a pus la dispoziția studenților și a altor categorii



Coperta volumului *Cibernetica* a lui Norbert Wiener.

de specialiști lucrări realizate de Ivan Flores, Lotfi A. Zadeh, Andrew S. Tanenbaum și mulți alții.

Dacă la începuturile informaticii toată lumea trebuia să se convingă de existența domeniului informaticii economice, lucrurile s-au așezat odată cu apariția limbajului COBOL – Common Business-Oriented Language, care din titlatură vorbea direct despre afaceri, afaceri care înseamnă fără alte explicații economie pur și simplu.

Lucrurile au devenit evidente mai ales când s-a pus problema utilizării de programe de bibliotecă deosebit de complexe, destinate rezolvării unor probleme precum:

- optimizarea sortimentului de produse realizate de întreprindere;
- alocarea și nivelarea de resurse destinate efectuării de reparații capitale;
- optimizarea transportului de produse neomogene;
- ordonanțarea producției a N produse, pe M mașini cu H operații;
- implementarea aplicației de balanță a legăturilor dintre ramuri;
- efectuarea tuturor operațiilor financiare și de contabilitate;
- evidența stocurilor de materii prime și de produse finite;
- generarea de variante de plan cincinal cu defalcările anuale;
- construirea și utilizarea modelelor pentru decizia microeconomică.

În toate cazurile, programele de bibliotecă sunt construite pentru a rezolva probleme de foarte mari dimensiuni, dar înainte de utilizarea lor se impune efectuarea unei analize profunde din care să rezulte care dintre programele de bibliotecă este acela care se potrivește cel mai bine problemei concrete de rezolvat. Problema economică este una, iar aducerea acesteia la forma care să se concretizeze prin date de intrare pentru programul de bibliotecă, este cu totul altceva. Este nevoie de un specialist care să înțeleagă clar care este problema din punct de vedere economic, ce înseamnă transpunerea problemei în ecuații și restricții matematice cărora li se asociază o expresie analitică a obiectivului urmărit, după care, același specialist care cunoaște produse informatică din bibliotecă alege pe acela pentru care datele de intrare cerute să se suprapună cu datele de intrare oferite de beneficiarul care a definit problema. În cazul în care un astfel de specialist a lipsit, au apărut situații care au compromis nu numai ideea de optimizare, dar și ideea de utilizare a informaticii în economie. Cel care este specialist în informatică economică are calitatea de a reuni trei domenii aparent disjuncte – economia, matematica și informatica –, astfel încât imaginea pe care o crează oricărei probleme de dezvoltare a unui produs informatic pentru economie este cât mai apropiată de exigențele vieții economice, căci ia în calcul elementele de eficiență, dar și riscurile ca anumite condiții să nu se producă în realitate atunci când produsul informatic intră în exploatare sau să existe provizioane de acoperire a pierderilor.

Specialistul în informatică economică trebuie să dea dovadă de multă creativitate pentru a defini corect problema economică de rezolvat, pentru a construi variante de soluții, pentru a agrega criteriile de eficiență și pentru a alege cea variantă care răspunde cel mai bine cerințelor formulate de investitor, de beneficiar și de clientul care accesează online resursele aplicației.

Nivelul de pregătire a specialistului în informatică economică este de mare complexitate, planurile de învățământ ale secțiilor de profil includ discipline precum: algebră, analiză matematică, teoria probabilităților, econometrie, statistică economică, management, finanțe, contabilitate, tehnici și limbaje de programare, baze de date, dezvoltarea de sisteme informatice economice, design aplicații web, dezvoltarea de aplicații mobile, structuri de date, managementul calității software, analiză numerică, data mining, multimedia, sisteme de operare, algoritmi genetici și rețele neuronale. Se observă un echilbru între cele trei categorii de discipline, aspect realizat numai în cadrul specializării de informatică economică din universitățile care au astfel de secții de pregătire a informaticienilor economiști.

ÎNVĂȚĂMÂNTUL DE INFORMATICĂ ECONOMICĂ

Actul de naștere al Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică este reprezentat de Hotărârea de Guvern nr. 2365 din 20 septembrie 1967, care statuează înființarea Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică, articolul 1, litera A, punctul b, cu cele trei secții și anume: statistică economică, mecanizarea și automatizarea calculului economic și cibernetică economică. La articolul 3 se arată că numai secțiile de mecanizarea și automatizarea calculului economic și cibernetică economică au durată de 5 ani.

În mod concret, specializarea de informatică economică și-a făcut apariția în învățământul superior în iarna anului universitar 1964–1965, când au fost selectați dintre cei mai buni studenți de anul întâi acei studenți care au obținut la examenul de admitere notele cele mai mari, devenind astfel și cu acceptul lor primii studenți ai Secției de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic din cadrul Facultății de Economie Politică a Institutului de Științe Economice din București, căci așa se numea actuala Academie de Studii Economice. Acea Hotărâre de Guvern nu a făcut altceva decât să consfințească o realitate care exista deja de câțiva ani. Tot timpul studenții Secției de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic:



Ion Gh. Roșca

– au fost selectați riguros prin cele două probe scrise de matematică, una de algebră și cealaltă de analiză matematică, precum și prin proba de fizică de la examenul de admitere; numai în acest fel s-a asigurat calitatea celor care trebuiau să parcurgă discipline economice de mare dificultate precum contabilitate, finanțe, management, cibernetică economică, discipline de matematică clasică, cercetări operaționale, teoria optimizării, simulare, metode numerice, discipline ingineresti precum mecanică, electronică, dar și discipline de informatică precum limbaje de programare FORTRAN, COBOL, ASSEMBLER, tehnici de programare, sisteme

de calcul și de operare, teleprelucrare, baze de date, analiza și proiectarea sistemelor informatice;

– toate materiile le-au fost predate și seminarizate de cadre didactice dintre cele mai valoroase provenind parte din ASE, dar mulți dintre ei erau profesori la Institutul Politehnic, la Facultatea de Matematică de la Universitate, la Institute de cercetare ale Academiei, precum și la Centrul de Calcul al Direcției Centrale de Statistică – D.C.S., Laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică – L.C.C.E., Institutul de Cercetări în Informatic – I.C.I. și de la Institutul de Tehnică de Calcul – I.T.C.;

– s-au pregătit având la bază un plan de învățământ care a pornit de la nevoile economiei în sensul că viitorii specialiști trebuiau să posedă cunoștințe solide din domeniul economic, din domeniul informatic și de matematică, pentru ca profesiile de programator și de analist, reunite sub titulatura generică de informatician, presupun creativitate și o capacitate de orientare specială, care să le permită celor care le practică posibilitatea de a rezolva probleme complexe pe care economia le ridică în orice moment; cadrele didactice care proveneau din producție au avut capacitatea de a prezenta o problemă extrem de apăsătoare de cerințele producției și în acest fel proaspeții absolvenți se integrău rapid la noile lor locuri de muncă după terminarea facultății; la început, durata de învățământ a fost de 5 ani, după care din 1978 s-a trecut la o durată de școlarizare de 4 ani; după Revoluția din 1989 s-a revenit la învățământul de 5 ani și după anul 1995 s-a produs reducerea la 4 ani, ca după anul 2005 să se treacă la structura de învățământ Bologna de 3 + 2 + 3, licență, master și, respectiv, doctorat;

– au beneficiat pentru lucrările aplicative de acces la tehnica de calcul de ultimă oră, tehnică a cărei evoluție a înregistrat salturi spectaculoase; dacă la începuturi se lucra cu mașini de calcul electromecanice, s-a trecut rapid la aplicații mecanografice cu tabulatoare și cartele perforate, după care studenții au avut acces la calculatorul românesc CIFA 101 Economist unde se programa în cod mașină, ca mai apoi să lucreze pe calculatorul japonez NEAC 1240, pentru ca din 1969 să facă programare în limbajele FORTRAN IV și COBOL pe calculatorul IBM 360 cu care au fost dotate Laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică – LCCE din ASE; după anul 1972 când la LCCE a venit primul calculator FELIX C 256 s-a trecut pe noul sistem de operare și studenții au avut posibilități cu mult mai mari de a-și rula pachetele de cartele pe care se găseau programele lor sau datele cu care rulau programe din biblioteca de programe aplicative.

Planul de învățământ al primelor promoții de studenți ai Secției de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic au inclus disciplinele:

– Anul I: Matematici superioare 1, Electrotehnica, Desen tehnic, Economie politică, Matematici superioare 2, Mașini de calcul, Electronică, Mecanică tehnică, Limba franceză, Educație fizică;

– Anul II: Electronică, Mecanică tehnică, Mașini de calcul, Economie politică, Matematici superioare, Materialism, Teoria evidenței contabile, Limba franceză, Practica în producție;

– Anul III: Mașini de calcul 1, Statistică teoretică, Planificarea economiei naționale, Socialism științific, Organizarea și planificarea întreprinderilor, Evidența contabilă, Mașini de calcul 2, Limba franceză 1, Limba franceză 2, Practica în producție;

– Anul IV: Evidența contabilă a ramurilor economiei, Programări matematice, Mașini electronice de calcul, Calcul economic și statistic, Cibernetică economică, Organizarea și proiectarea lucrărilor de calcul economic și statistic, Programarea calculatoarelor electronice, Practica în producție;

– Anul V: Cibernetică economică, Mașini electronice de calcul, Organizarea și proiectarea mecanizării și automatizării lucrărilor de calcul economic și statistic, Programarea calculatoarelor electronice, Practica în producție, Elaborarea lucrării de diplomă.

Prima promoție de absolvenți ai Secției de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic a fost formată din: Constantin-Gelu Apostol, Filofteia Băjenaru, Petre Borocan, Alexandru Brodeală, Alexandra Bruss, Cristina Caramalis, Liliana Cofman, Dan Frunzescu, Denise Gertrude, Mariana Glodeanu, Elena Grigore, Constantin Hîrtu, Octavian Lepădatu, Nicolae Manea, Jana Mihai, Petra Mucheci, Petre Nica, Ion Nicolae, Maria Mimi Doina Oprișan, Marius Panduru, Margareta Pelaghe, Emil Rădulescu, Valer Roșca, Vasilica Stăncescu, Nicolae Surugiu și H. Costel Doru Tsaganea.

Absolvenții Secției de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic după ieșirea de pe porțile facultății, au lucrat ca programatori, ca analiști de sisteme informatice, ca dezvoltatori de aplicații cu baze de date în centrele teritoriale electronice de calcul – CTEC, oficiile de calcul ale marilor platforme industriale, ale centrale lor economice, ale ministerelor, ale băncilor, în laboratoare de cercetare în domeniul informaticii economice, în învățământul liceal unde au predat discipline de programare, în institute de cercetari de specialitate, dar și în învățământul superior la catedre unde se predau discipline de informatică economică.

În anul 1978, lucrurile au luat o întorsătură nefavorabilă. Atunci, în cadrul Plenarei CC al PCR din 9 iunie 1977, secretarul general al UTC a avut o alocuțiune în care a spus: „...Facultatea de Calcul Economic și Cibernetică Economică și Facultatea de Economie Politică și Planificarea Economiei Naționale ale Academiei de Studii să fie reunite într-o singură facultate...”, iar în zilele următoare s-a produs dezastrul, adică Facultatea de Calcul Economic și Cibernetică Economică, cu durată de studii de 5, ani s-a desființat, locul ei fiind luat de Facultatea de Planificare și Cibernetică Economică, cu durată de 4 ani. Detaliile sunt cutremurătoare.



Ștefan Nițchi

A urmat o perioadă grea pentru disciplinele de informatică întrucât ele trebuiau să facă loc unor discipline descriptive de planificare, nematematizate și rămase împietrite undeva, la nivelul anilor '60, în literatura sovietică unde nu

se foloseau modele, unde totul era bazat pe vorbărie fără sfârșit. Cel mult erau utilizate balanțe ca tabele foarte simple unde, se urmărea echilibrul dintre disponibilul existent de resurse și necesarul de resurse utilizate pentru atingerea de obiective.

După Revoluția din 1989, un grup de cadre didactice ale Catedrei de Cibernetică Economică, sub coordonarea decanului, profesorul Geo Vasilescu, au declanșat demersurile revenirii la forma de dinainte de 1978 a Facultății, demersuri încununate de succes. Din 1990 s-a reînființat facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, iar atunci au apărut și Catedra de Informatică Economică, dar și Secția de Informatică Economică având durată de 5 ani. Tot după Revoluție, câțiva ani mai târziu, au apărut secții de Informatică Economică la Facultatea de Științe Economice și de Gestiune a Afacerilor – FEAA de la Universitatea „Babeș-Bolyai” din Cluj-Napoca, Facultățile Economice de Administrare a Afacerilor – FEAA de la Universitatea de Vest din Timișoara și de la Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași. Colaborarea dintre toate Secțiile de Informatică Economică a permis realizarea concordanței dintre planurile de învățământ, astfel încât la toate să se facă discipline având programe analitice care să nu difere semnificativ de la un centru universitar la alt centru universitar.

Managementul disciplinelor, politicile de cadre din zona informaticii economice au fost asigurate la nivelul catedrelor de specialitate. Catedra de Informatică Economică a fost condusă de profesorii universitari Ion Gh. Roșca, Ion Smeureanu, Ion Ivan, Bogdan Ghilic-Micu și acum Departamentul de Informatica și Cibernetică Economică – DICE este condus acum de conf.univ.dr. Cătălin Boja. Departamentul de Informatică Economică de la FSEGA al Universității „Babeș-Bolyai” a fost condus de profesorii Dan Racovițan și Ștefan Nițchi, iar acum are ca director de departament pe profesorul Gheorghe Cosmin Silaghi.



Dr. Vasile Biță, unul dintre autorii cărții
Mecanizarea și automatizarea lucrărilor de calcul statistic.

Departamentul de Contabilitate, Informatică Economică și Statistică de la FEAA al Universității „Al. I. Cuza” a fost condus de profesorii Marin Fotache și Tudorel Fătu, iar acum are ca director de departament pe profesorul Florin Dumitriu.

Departamentul Sisteme Informaționale pentru Afaceri de la FEAA, al Universitatii de Vest a fost condus de profesorul Mircea Lupulescu, iar acum are ca director de departament pe profesor doctor Mihaela Muntean.

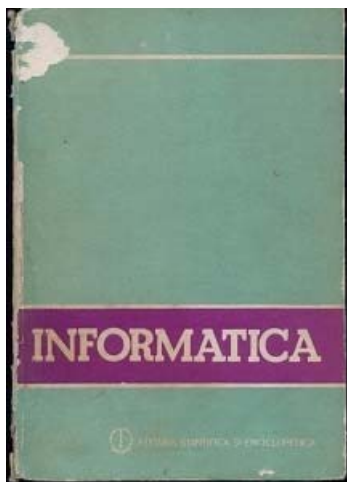
Faptul că aceste secții sunt de succes îl dovedește numărul foarte mare de tineri care optează să urmeze cursuri de informatică economică, știut fiind succesul specialiștilor din acest domeniu pe piața muncii. Adaptarea continuă a planurilor de învățământ prin eliminarea acelor elemente care înregistrează uzură morală face ca domeniul informaticii economice să fie reflectat fidel în cursurile și seminariile care se țin în fața studenților. Trebuie remarcată grija cu totul deosebită acordată de către conducerile departamentelor de specialitate în procesele de selecție a celor care intră în învățământ pe poziții de asistent universitar. Aceștia trebuie să aibă capacitatea de perfecționare continuă cu mult mai mare decât a tuturor celorlalte cadre didactice din învățământul superior, pentru că pe parcursul a 5 ani, ei trebuie să schimbe cel puțin 80% dintre cunoștințele pe care le-au vehiculat în fața studenților, cunoștințe legate de limbaje de programare, tehnica de calcul utilizată, tehnicile de programare, tehnologiile de dezvoltare aplicații web și de versiunile de sisteme de operare sau de sistemele de gestiune a bazelor de date și nu numai.

Pe durata mai multor ani, în cadrul programului Româno–Bulgaro–German, intitulat Bulgarian – Romanian Interuniversity European Center, a funcționat un program de masterat în informatică economică cu participarea unor profesori de la universitățile din Bremen, Kemnitz, Russe, Academia tehnică Militară și din Academia de Studii Economice București, program puternic ancorat în problematica producției, în care studenții, după un stagiu de practică în întreprinderi din Germania veneau să implementeze noi tehnologii informatice orientate spre satisfacerea cerințelor economiei de piață, în concordanță cu exigențele germene de calitate.

SPECIALIȘTII ÎN INFORMATICĂ ECONOMICĂ

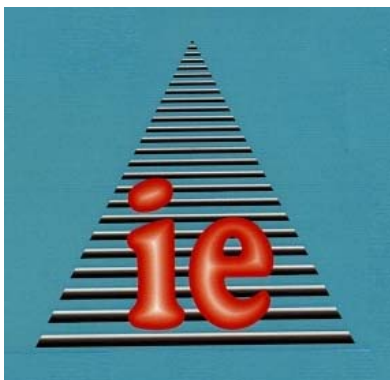
În domeniul informaticii economice activează specialiști cu diferite calificări, cu niveluri de pregătire foarte variate în ceea ce privește profesiile specifice domeniului, ca programatori, analiști, designeri, testeri, administratori de baze de date, administratori de rețea, ingineri de sistem, manageri de proiecte, implementatori, controlori de calitate, evaluatori, auditori informatici și multe alte meserii, unele mai noi, altele mai vechi. Toți aceștia au o trăsătură comună și anume că atunci când au de executat o anumită activitate sau de realizat o anumită componentă, înainte de orice, generează mai multe variante de lucru, după care trec la efectuarea de calcule din care să le permită alegerea uneia care satisface un criteriu de performanță economică.

Programatorii din zona informaticii economice nu scriu oricum un program, ci scriu un program în limbajul care se potrivește acelei probleme de rezolvat în raport cu criteriul:



Carte realizată de membrii colectivului de informatică din Catedra de Cibernetică Economică.

Rezultă că programatorul ce activează în domeniul informaticii economice trebuie să rămână în actualitate tot timpul prin perfecționarea pregătirii sale profesionale și niciodată nu va scrie un program în limbajul pe care el îl cunoaște cel mai bine, ci în limbajul și cu tehnica de programare cele mai adecvate în raport cu criteriile bine stabilite de eficiență economică. Detalii legate de această profesie se află în cele 236 de pagini ale lucrării *Cariera de programator*, avându-i ca autori pe Ion Ivan și Alin Zamfiroiu, publicată în anul 2017 la Editura ASE, București.



Sigla Catedrei de Informatică Economică.

indicatori, cu variabile și să le înțeleagă semnificația. Analiza de sistem este o activitate de mare importanță care presupune intrarea în detalii ce permit construirea de diagrame de flux, grafice și organigrame din care să rezulte cu claritate ceea ce se întâmplă în fiecare compartiment, loc de muncă, linie de producție din întreprindere. Numai o radiografiere corectă a realității din întreprindere va permite realizarea unor specificații de înaltă calitate.

- asigurării încadrării într-o durată strictă disponibilă ceea ce presupune că va fi scris programul în limbajul care permite scrierea în timpul cel mai scurt, respectând cerințele de calitate impuse în specificații;
- asigurării încadrării tuturor cheltuielilor pentru realizare într-un plafon stabilit, cu imposibilitatea depășirii acestora și fără a fi plătite sume în cazul în care produsul nu este livrat în condițiile stabilite prin contract, neacceptându-se plăți intermediare pentru recepționarea de stadii intermediare;
- asigurării aceluși nivel de omogenitate impus căci respectivul program va fi prin integrare o componentă a unui sistem deja existent, sistem care are deja caracteristicile definite și acceptate;
- garantării unui nivel de calitate minim, știut fiind faptul că orice componentă contribuie decisiv la stabilirea nivelului de calitate al întregului sistem informatic.

Analistul de sistem trebuie să se convingă pentru toate elementele pe care le realizează că acestea reflectă corect și complet realitatea din sistemul întreprindere pe care dorește să-l informatizeze. El va verifica fiecare dintre elementele realizate și concluziile la care a ajuns. Activitatea de analiză este activitate de echipă și de aceea toți analiștii trebuie să folosească aceeași metodologie și trebuie să aibă un stil omogen de abordare a problemelor. Analiza critică a sistemului informatic existent trebuie să conțină obligatoriu acele premise ale caracteristicilor noului sistem, care să aducă acel plus de valoare, specific oricărei noi generații de sistem informatic care înlocuiește un sistem informatic considerat vechi, dar care a contribuit eficient la soluționarea de probleme ale întreprinderii de-a lungul mai multor ani de zile.



Mihaela Muntean

Designerii de sisteme informatice și designerii de aplicații web sunt specialiști care știu să definească variante foarte diferite de arhitecturi de sisteme pornind de la un obiectiv stabilit. După o prezentare a plusurilor și a minusurilor acestor variante, se ia decizia asupra cărei variante de va trece la dezvoltare și apoi la implementare. Cei ce lucrează în zona informaticii economice pe poziție de designeri, în mod obligatoriu trebuie să construiască variante de arhitecturi și să se asigure că fiecare dintre variante răspunde simultan mai multor cerințe.

Niciodată nu se va porni la realizarea unei arhitecturi de la idei preconcepute, de la adaptarea unor arhitecturi vechi sau de la utilizarea de componente cunoscute, ci funcțiile sistemului informatic sau cele ale aplicației web se vor regăsi în elementele de structură ale arhitecturii în mod distinct, cu raporturi de interdependență clar definite, ortogonale și lipsite de redundanță. Chiar dacă provin din domenii diferite, chiar dacă au niveluri diferite de experiență, calificarea și talentul în a elaborarea de variante de arhitecturi a designerilor trebuie să aducă acel suflu nou care să reflecteze ceea ce aduc nou tehnologiile de ultimă oră.

Testerii sunt categoria de specialiști din informatica aplicată cu un rol cu totul special pentru creșterea calității produselor software, care acum au nenumărați clienți în mediul online. Produsele open source au acum un cu totul alt mod de a li se crește calitatea, testarea fiind făcută de programatori de înaltă clasă, căci nu oricine se bagă să scrie componente open source sau să dezvolte componente deja lansate în procesele de abordare și de rafinare.

Analiștii de sistem, programatorii și utilizatorii sunt marile categorii recunoscute în activitatea de informatică încă de la începuturile domeniului. Problemele s-au complicat pe măsură ce s-a căutat să se elaboreze aplicații informatice care trebuiau să funcționeze independent de dezvoltatori, adică utilizatorii dispersați în teritoriu primesc aplicația și o folosește singuri.

Pentru a asigura un nivel de calitate cât mai ridicat a programelor, intervin testerii. Testerii de azi nu au nicio legătură cu testerii de demult, pentru că acum ei sunt recunoscuți ca meserie distinctă, în timp ce în vremurile de demult testerii erau

Înșiși programatorii, testarea pe atunci era o artă, în timp ce acum testarea este o succesiune de proceduri de urmat și documente completate și semnate, urmând fluxuri asemănătoare celor din industrie.



Sala calculatorului I.B.M. 360 din dotarea Laboratoarelor Catedrei de Cibernetică Economică – LCCC.

În cazul în care produsul intră în competiție cu produse similare, se impune efectuarea de măsurători privind comportamentul produsului nou folosind date de test deja folosite pentru alte produse și se vor calcula aceiași indicatori de performanță



Copertă a unui simpozion organizat de Catedra de Cibernetică Economică din A.S.E.

pentru a se face comparațiile corecte între produse de același fel. Dacă atunci programatorii îi acceptau cu dificultate pe testerii pentru că în mintea lor de programatori era greu de acceptat ca altcineva nu atât de bun cum se considerau programatorii că sunt, să vină să caute greșelile în programele lor și mai ales să le și prezinte, programatorii interpretând toată această activitate ca o sfidare a muncii lor, nu ca pe un mod de a crește calitatea programelor, necesar și obligatoriu.

În vremurile de demult produsele software se împărțeau pe clase, după cum se făcea testarea:

- **produse software de casă A** testate 100% cu riscuri minore în apariția erorilor, iar în cazul apariției de erori acestea erau semnalate cu mesaje proprii și prelucrarea se încheia cu succes din punct de vedere al programatorului; aceste programe erau destinate să ruleze date pentru soluționarea de

probleme ale clienților independente de programator; erau produse software de firmă sau ale unor programatori care deveneau renumiți tocmai pentru că erau programe foarte des lansate în execuție;

- **produse software de casă B** testate 70%, care activau cele mai importante ramuri ale arborescenței programului, ce acopereau peste 95% dintre tipologiile

problemelor și care includeau suficiente secvențe de control a calității fluxurilor de prelucrare; și aceste programe funcționau independent de utilizatori și dacă totuși apăreau erori de execuție, probabilitatea lor de apariție era redusă;

- **produse software de casă C** testate sub 30% din ramurile arborescenței asociate, ceea ce înseamnă că riscurile de a apare erori de prelucrare sunt destul de mari; clientul le utilizează și pe acestea independent, dar pe riscul său; cheltuielile cu testarea depășesc cu mult cheltuielile cu depanarea; foarte multe dintre produsele program realizate la început pentru clienți sunt de clasă C, iar cu timpul datorită testărilor la fața locului ele trec în clasa B și unele mai trec și în clasa A dacă dezvoltatorul face eforturi susținute în acest sens;

- **produse software de casă D** testate sub 20%, adică sunt programe cu frecvență de utilizare redusă, aproape dedicate unor scopuri vremelnice; numai că apar situații de reluare a lor peste ani și lipsa unei testări serioase se răzbună prin faptul că depanarea atunci are durate și costuri ridicate mai ales când produsele nu au documentație, nu conțin comentarii sau când s-a pierdut textul sursă și trebuie lucrat direct pe executabil; în acest caz este mai bine ca produsul să fie rescris cap-coadă, pentru a face economie de resurse și pentru a gestiona riscurile.

Atunci testarea programelor era făcută de programatori cu experiență, pentru că depanarea tot ei o realizau. Acum diviziunea muncii este la un nivel deosebit de ridicat și:

- programatorii scriu programe după specificații;
- testerii verifică programele și fac rapoarte;
- depanatorii lucrează în ideea de a face corecții;
- fluxurile au un caracter industrial;
- totul este separat și independent.

Cândva au fost preocupări mai ales legate de schimbările pe care le aduce tehnologia orientată obiect asupra testării. A fost scrisă o carte referitoare la acest subiect: Ion Ivan, Paul Pocatilu – *Testarea software orientat obiect*, Editura Infocorec, București, 1999, 192 pg.

Progresele făcute în procesul de testare sunt cele necesare stadiului actual și în continuare vor apare evoluții care vor contribui la creșterea calității produselor software și demonstrarea automată a corectitudinii programelor nu mai apare în niciun caz ca un vis mult prea îndepărtat. Chiar și testarea automată are încă de pe acum ceva muguri și trebuie să fim optimiști că va cuprinde cât mai multe dintre activitățile care acum enervează pe toată lumea.

Implementatorii sunt cei care, evident, implementează programele la beneficiari. Față de ce înseamnă acum a implementa un program, un sistem informatic, a implementa acum 50 sau 40 de ani însemna cu totul altceva.

Implementatorii de sisteme informatice în vremurile când la putere erau calculatoarele FELIX C-256 erau personaje de primă mărime în ciclul de dezvoltare a aplicațiilor informatice. Nimic nu avea valoare dacă nu era pus în funcțiune de implementatori. beneficiarii apreciau numai și numai ce era în uz curent și nu poveștile frumoase despre ce va fi undeva, cândva, cumva. Implementatorii veneau cu întregul know-how al aplicației și ei trebuiau să știe analiză, programare, testare

și depanare la un nivel foarte ridicat pentru a face tot ce trebuie ca aplicația de care se ocupau să intre în funcțiune rapid și fără incidente chiar la beneficiar acasă. Ei erau interfața reală dintre client și dezvoltator. Implementatorii prezentau: documentația aferentă aplicației, modul de lucru cu aplicația, cum se introduc datele de intrare, cum se interpretează rezultatele, cerințele de instruire a operatorilor, procedurile ce trebuie respectate, cazurile în care apar erori de prelucrare, cum se depanează erorile de execuție, modul de instalare a aplicației, fluxurile de prelucrare; cum se obțin datele ce vor fi perforate în cartele, condițiile de completitudine și corectitudine a datelor și modul de interpretare a rezultatelor de pe listinguri.

Nu era deloc simplu de implementat un produs software în vremurile de demult pentru că ceea ce acum se numește executabil era cumva mai diferit de ceea ce este acum, mai ales din faptul că trebuia stocat fie pe bandă magnetică, fie pe disc magnetic, iar frecvența de utilizare și dimensiunile impuneau anumite reguli de management în sensul încărcării repetate în sistemul de fișiere al calculatorului de pe suportul extern. Nu de puține ori cel ce făcea implementările trebuia să aibă persoane de contact la centrele de calcul unde se utiliza produsul pentru a da consiliere atunci când se produceau întreruperi ale prelucrărilor din cele mai variate cauze, unele obiective, altele bizare. Restricțiile hardware erau foarte dure și adaptările necesitau eforturi dintre cele mai mari, iar timpul de realizare era foarte strâns.

Și acum implementarea este tot atât de importantă căci utilizatorii sunt cei care resping un program chiar dacă el este excepțional doar pe considerente că ei, utilizatorii, nu-l consideră ceea ce le trebuie, doar din simplul fapt că interfața nu este prietenoasă sau pur și simplu că sunt obișnuiți cu un alt produs cu care au lucrat anterior și cel nou nu le-a fost explicat suficient.

Implementatorii au fost și sunt cei ce duc în masa de clienți elementele concrete legate de un produs software pe care ei doresc să fie utilizat și pentru că se obțin rezultate superioare și pentru a aduce venituri dezvoltatorilor care trebuie să-și recupereze costurile de producție.



Profesorul Ion Gh. Roșca înmânând Diploma și Medalia „Grigore Moisil” academicianului Gheorghe Păun la Conferința IE 2008.

Mai sunt și alte tipologii de specialiști care activează în domeniul informaticii economice, dar munca lor, la fel de importantă ca munca celorlalți, necesită o detaliere pe măsură, lucru care va fi realizat cu un alt prilej, căci despre cei ce gestionează calitatea aplicațiilor, despre cei ce elaborează documentațiile și despre cei ce fac auditul sistemelor și aplicațiilor informatice trebuie scris în mod obligatoriu, mergând la multe detalii de finețe, mai ales că în momentul de față aceste profesii nu sunt definite suficient de clar sau nu sunt deloc definite în Clasificarea Ocupațiilor din România – COR.

CERCETAREA ȘTIINȚIFICĂ ÎN INFORMATICĂ ECONOMICĂ

Cercetarea în domeniul informaticii economice atinge teme extrem de importante și productive în raport cu necesitatea de a produce soluții originale. Nu există zonă a informaticii care să nu fie abordată și din punct de vedere economic, pentru că toată informatica presupune:

- calculatoare care costă;
- programatori care costă;
- software care costă;
- exploatare care costă;
- Internet care costă;
- acces la resurse care costă.

Motorul de dezvoltare a noilor tehnologii este legat de costurile pe care le impun toate artificiile lipsei de resurse și de pierderile care sunt estimate de inexistența resurselor în cantitatea și calitatea cerută, căci întotdeauna va exista un decalaj între necesar și disponibil, acesta din urmă fiind mai mic decât necesarul. În momentul de față, când memoriile externe au depășit la proprietarii persoane fizice 2 Tb prin prețul redus și performanțele de dimensiune și viteză, numai aparent disponibilul este mai mare decât necesarul de resursă, dar în condițiile în care se trece la stocarea de conținut digital de tip VHD, fără mare dificultate și cei doi Tb devin o resursă limitată.

Informatica economică are teme de cercetare dintre cele mai variate și domeniul este inepuizabil prin ceea ce oferă, încât zeci și zeci de ani de aici încolo cercetătorii nu au a se văita că nu mai dispun de teme de studiu în care domeniile economic, matematic și de computer science care să le mai ofere ceva nou, din moment ce oricare dintre cele trei domenii au caracter deschis și elementele de noutate se dezvoltă la tot pasul.

Fiecare domeniu de activitate are specificul lui, ceea ce generează restricții proprii, liste de resurse proprii și particularități de dianmică. În acest context, a defini o arhitectură pentru a da o anumită soluție, înseamnă a desfășura muncă de cercetare în domeniul informaticii economice deoarece niciun domeniu nu trebuie separat de un criteriu de performanță economică, reflectat prin prisma cheltuielilor sau a profitului, căci oricum este definită eficiența, tot la cheltuială sau la profit, respective la pierderi, se ajunge.



Dr. Vasile Baltac și prof. Constantin Apostol într-o pauză a Conferinței IE 1993.

Cercetările în domeniul elaborării de sisteme informatice sunt dintre cele mai productive, căci fiecare domeniu generează soluții care au un nivel de originalitate care duc la abordări teoretice dintre cele mai interesante.

A construi modele de estimare a eficienței unui sistem informatic cu un nivel de complexitate dat este un teren propice activității de cercetare, pentru că toți care desfășoară cercetare de informatică economică au o mare varietate de definiții a conceptului de eficiență economică, nivelul de cuprindere a acestuia fiind strict dependent de obiectivele pe care sistemul informatic le urmărește. Într-un fel se definește eficiența economică a sistemului informatic realizat pentru conducerea de procese de producție și cu totul altfel se definește eficiența economică a unui sistem informatic orientat spre satisfacerea exigențelor particularizate ale clienților, chiar dacă producția este de serie mare.

Soluțiile de sisteme informatice diferă în funcție de tehnologia aleasă pentru parcurgerea etapelor ciclului de realizare, de concepția adoptată în legătură cu reutilizarea de componente și cu disponibilul de resurse pe care dezvoltatorul este dispus să le aloce pe diferite intervale de timp. Pentru fiecare organizație se definește un set de variante de structuri de sisteme informatice și în raport cu criteriile de selecție agregate se convine asupra unuia și această soluție va fi dezvoltată și implementată. Cercetarea științifică în astfel de cazuri vine să dea soluții originale și generalizări pornind de la situații concrete verificate de practică, astfel încât:

- să se obțină noi tehnici de analiză și proiectare de sisteme informatice;
- să se construiască noi modele de estimare a necesarului de resurse;
- să se identifice clase de riscuri și modalități de contracarare a efectelor negative;
- să se construiască noi instrumente de asistare a proceselor de analiză și de programare;
- să se automatizeze unele dintre fazele procesului de testare de componente;
- să se definească modalități de realizare a autodocumentării;
- să se stabilească nivelul de concordanță dintre specificații și componentele software.

Cercetarea științifică din zona dezvoltării de sisteme informatice este o cercetare de echipă și are caracter interdisciplinar, căci tot timpul ceea ce se obține în plan

teoretic trebuie verificat în practică. Un sistem informatic în construcție este o entitate în dezvoltare, nu rămâne pe loc și caracterul reproductibil al experimentelor este exclus din start, fapt care impune o bună planificare a experimentelor și o abordare complexă care să țină seama că totul este în mișcare și orice corecție care se aduce este generatoare de costuri și conduce la amânări de termene. Multe dintre temele de cercetare din această zonă vizează studierea doar a unor aspecte legate de realizarea de subsisteme informatice care sunt componente ale unui sistem informatic integrat. O altă problemă este cea care privește cercetarea interfețelor sistemului informatic. Este o întreagă teorie a interfețelor, teorie ce trebuie pusă în operă pe cazuri concrete, pornind de la particularitățile grupurilor țintă care interacționează cu sistemul informatic și de la complexitatea problemei de rezolvat. Este cunoscut faptul că în informatică problema calității trebuie abordată din toate unghiurile și în toată complexitatea ei. Există calitatea unui sistem informatic văzută din punctul de vedere al investitorului și acesta o percepe numai prin rapiditatea cu care el își recuperează investiția. Calitatea sistemului informatic privită din punctul de vedere al dezvoltatorului este dată de măsura în care există concordanță în procesul de auditare între specificații și funcționalitățile implementate, efective, ale sistemului informatic. Din punctul de vedere al clientului care accesează online resursele sistemului informatic, calitatea este dată de gradul său de satisfacție în raport cu efortul depus pentru a avea o tranzacție completă și corectă, fără a fi nevoie de reintroducere suplimentare de date și, mai ales, fără a fi nevoie de a relua sesiunile de lucru din motive independente de el ca utilizator. Rezultă cu claritate că numai dacă sistemul informatic trece testul în raport cu gradul de satisfacție, va fi considerat ca având un nivel de calitate superior. Orice altă abordare face ca sistemul informatic să fie respins de către clienți și orice deziderat legat de informatizarea unei anumite activități eșuează numai și numai din cauză că sistemul nu oferă un grad de satisfacție corespunzător membrilor grupului țintă pentru care de fapt sistemul informatic a fost dezvoltat. Cercetarea științifică trebuie să aloce resurse importante acestei laturi, membrii grupului țintă fiind esențiali în ecuația: investitor + dezvoltator + clienți = grad satisfacție clienți.



Profesorul Dragoș Vaida rostind o alocuțiune după ce i s-a decernat Diploma și Medalia „Grigore Moisi” la Conferința IE 2001.

Înainte de anul 1989 cercetarea științifică în domeniul informaticii economice se desfășura pe bază de contracte de colaborare finanțate de întreprinderile și combinatele interesate să rezolve probleme concrete ale producției și managementului cu care se confruntau folosind noi algoritmi, noi modele și, în final, noi produse informatice. Rezultatele cercetării științifice erau preluate direct în producție și se vedeau efectele imediate pe care informatica le are asupra producției. Acum lucrurile sunt ceva mai diferite, întrucât întreprinderile mari au dispărut, iar întreprinderile mici și mijlocii nu au forța de a susține proiecte complexe de cercetare. Mai mult, problema subfinanțării de la buget este cunoscută și există limitări severe de dezvoltare a proiectelor de cercetare în general și a celor de informatică economică în special.

Din multitudinea de aplicații informatice sunt date unele în lista următoare: calculul de salarii, gestiunea mijloacelor fixe, gestiunea stocurilor, evidența bonurilor de consum, evidența de personal, gestiunea contractelor, centralizarea facturilor, managementul contractelor, optimizarea sistemelor de irigații, ierarhizarea persoanelor după criteriile calitative, gestiunea livrărilor, gestiunea calității, planificarea producției, calculul capacității, croirea optimă a barelor, croirea optimă a reperelor dreptunghiulare, optimizarea rațiilor de consum, optimizarea producției, ordonanțarea producției, urmărirea producției, lansarea producției, urmărirea producției, controlul calității producției, rezervări camere hotel, achiziții bilete pentru serviciul A, calcul deviz cheltuieli, optimizarea rutelor de transport, optimizarea amestecurilor de produse petroliere, calculul eficienței economice la întreprinderea X și sistem expert pentru conducerea procesului Y.



Ion Ivan

De când Internetul s-a răspândit peste tot, au apărut aplicații care utilizează resursele acestuia, iar cercetarea științifică din domeniul informaticii trebuie să țină pasul cu problematica nou apărută. Multe dintre teme se referă la realizarea de aplicații pentru: magazin electronic, campusul universitar, plăți taxe și impozite, achiziții online bilete pentru spectacole, achiziționarea online de acțiuni pe bursă, rezervări online camere hotel, atribuire online de joburi, aplicație de e-Learning pentru disciplina U, aplicație B2B pentru domeniul T, comandă online proiect de arhitectură, management întreprindere virtuală, management de documente, gestiunea intrărilor și ieșirilor în organizație, elaborare joc online, optimizare trasee turistice, prezentare locuri pitorești, scriere bloguri specializate, elaborare ziare online, elaborare cărți online, elaborare reviste științifice online, elaborare albume online cu fotografii tematice, testare online a cunoștințelor, reconstituire online clădiri dărmate, optimizarea online a alegerii unui credit bancar, programarea online la clinică, gestiunea online pacienților, translator dintr-o limbă X într-o altă limbă Y, convertoare de fișiere de la tipul oarecare V la tipul oarecare W, utilizarea cardurilor de sănătate, asigurarea online de călătorie, achiziționarea online de suplimente, creare online cataloage roduse din ramura W, creare online cataloage de materiale, creare online cataloage filatelice, muzeul virtual din domeniul Z, expoziția virtuală

de produse ale organizației Y, catalog online cu muzică, prezentare și vizionare filme online, crearea de arhivă pentru organizația X, accesarea online a arhivei de documente literare, accesarea online a arhivei de documente istorice, accesarea online a arhivei de manuscrise, teleconferință online cu SKYPE multiplu, vot online, semnare petiție online, rețele de socializare, grupuri de lucru online, dezvoltare online de open source, evaluare online a proiectelor, emiteri și transmitere de documente oficiale online semnate electronic, notar electronic, emiteri certificate online, optimizarea online a traficului și plăți electronice și generalizarea proceselor de digitizare.

Se extrag acele elemente care permit obținerea de soluții originale într-un proces de cercetare prin adăugarea unor cerințe particulare și prin atribuirea de elemente care să asigure acea notă de creativitate specifică oricărui proces de cercetare științifică. Se impune adăugarea unor calificative suplimentare care să dea amploare fenomenului studiat și care să permită concretizări ce corespund unor domenii unde problemele nu au soluții la nivelul cerut la ora actuală. Temele proiectelor de cercetare trebuie să conțină în titlatură cuvinte cheie precum studii și cercetări privind... urmate de una dintre temele din listă, analiză comparată a ..., arhitectură pentru..., tehnici și metode pentru... sau modelarea costurilor în ..., toate aceste formulări lăsând loc larg deschis pentru a realiza proiecte de valoare, care să scoată în evidență abordări care permit soluții noi la probleme cunoscute, într-un context definit altfel, ținând cont de cuceririle tehnologiei IT&C, mai ales în ceea ce privește achizițiile de date și capacitatea de a stoca date neomogene și de a le prelucra, asamblându-le într-un nou concept.

REZULTATE EDIFICATOARE

Informatica economică românească a fost dintotdeauna conectată la cele mai noi realizări din domeniu, lucru care a presupus dezvoltarea de contacte atât la nivel instituțional, cât și prin realizarea de colaborări în cadrul unor proiecte dintre specialiștii de la noi și specialiștii din alte țări. Participarea marelui profesor Edmond Nicolau, cel care a fost primul decan al Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică, la Congresul Mondial de Cibernetică de la Namur din 11–15 septembrie 1967, organizarea la București în anul 1975, între 25–29 august a Congresului Mondial de Cibernetică și editarea lucrărilor congresului în trei volume la Editura Tehnică în colaborare cu WOGSC – editori J. Rose și C. Bilciu. Au participat cu lucrări cercetătorii din Centrul de Calcul al ASE: M. Altăr, Anca Andrei, Cătălin Arsene, Doina Boldeanu, Adrian Bădescu, Rodica Boconcios, Gheorhe Focșăneanu, Constantin Hirtu, Ioan Niculescu, Radu Stroe, Gheorhe Zaharia. Ei au prezentat lucrarea *Cybernetic System of Models for Territorial Planning and Forecasting*.



C.V. Negoită

Din Catedra de Cibernetică Economică, Ludovic Tovissi, Emil Scarlat, Alexandru Tașnadi au prezentat lucrarea *The Optimization of Organization and Management of Hierarchical Economic Systems*. De asemenea, cercetătorii Gheorghe Ciobanu, Crișan Albu, Dan Chira, Carmen Hartulari, Mihai Păun, Liliana Spircu, Ion Stancu-Minasian și Dumitru Vișan au prezentat lucrarea *On Operative Scheduling of Production Systems*.

Participarea cu comunicări a multor specialiști din țara noastră la Congreșele Mondiale de Cibernetică de la Amsterdam, din 1978 și de la Londra, din anul 1987 arată deschiderea de care au dat dovadă cercetătorii, cadrele didactice universitare, dar și informaticienii din producție de a face cunoscute rezultatele muncii lor în lucrări bine primite de fiecare dată de auditoriu. În 1980, a apărut lucrarea *Cibernetică și progresul societății*, la Editura Politică, în care au fost publicate comunicările specialiștilor români trimise și acceptate la Congresul de Cibernetică de la Amsterdam din 1978. Acolo au fost incluse cele 21 de lucrări ale cercetătorilor din țara noastră, acoperind toate cele 322 de pagini ale volumului. Unele dintre lucrări au abordat problemele actuale de atunci ale ciberneticii economice, avându-i autori pe Manea Mănescu, Ștefan Bărlea, Moisă Altăr, Radu Șerban, Florica Luban, Ștefan Odobleja, și Constantin Virgil Negoită. Lucrările din domeniul informaticii economice i-au avut autori pe Valeriu Pescaru, Ioan Catona, Ludovic Tovissi, Ion Ivan, Emil Moscovici, Gabriel Diaconescu și Constantin Bilciu.

Înainte de 1975, cercetătorul științific Fabian Csaba, a susținut la Universitatea din Bonn teza de doctorat în domeniul cercetărilor operaționale, care a influențat decisiv standardele de realizare a lucrărilor de aceeași factură din domeniul informaticii economice.



Valeriu Pescaru

După evenimentul din 1989 această abordare s-a lărgit și mai mult. Odată cu deschiderea lucrărilor Conferinței Internaționale de Informatică Economică din 1993 s-a demarat o strânsă colaborare cu specialiștii de la Academia de Studii Economice din Chișinău, Republica Moldova, care de la o ediție la alta s-au prezentat cu și mai multe lucrări. Noi, cei de aici având posibilitatea să cunoaștem roadele muncii lor de cercetare în domeniul informaticii economice. Remarc participările cu lucrări ale profesorilor Ion Bolun, Tamara Zacon, Ilie Costăș, Vitalie Cotelea, Anatol Godonoagă și Anatol Baractari și cu deosebire pe profesorul Dummitru Todoroi, cel care organizează conferința bianuală a tinerilor doctoranzi cu participare din R. Moldova și din România. În anul 2015 s-a desfășurat a IV-a Teleconferință internațională a tinerilor cercetători având ca temă *Crearea Societății Conștiinței*, a cărei coordonare a fost asigurată de profesorul universitar doctor Dumitru Todoroi de la Academia de Studii Economice din Republica Moldova. Au colaborat cadre didactice de la Academia de Studii Economice a Moldovei, Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, Academia de Studii Economice din București, Illinois State University din Chicago, Universitatea Al I. Cuza din Iași, Academia de Muzică Gh. Dima din Cluj-Napoca și Academia Româno-Americană de Științe și Arte din Los Angeles.

În ședința plenară au prezentat comunicări Radu Mihalcea, Elena Nechita, Dumitru Todoroi, Xenia Eriomenco și Nicoleta Todoroi.

Conferința a avut trei secțiuni și anume: ROBO – inteligențe în Societatea Conștiinței; Sisteme Informatice în Societatea Cunoașterii și a Conștiinței; Sustenabilitatea Sistemelor Sociale în Societatea Viitului. La ședința finală au participat președinții și copreședinții de secțiuni, profesorii Dumitru Todoroi, Ruxandra Vidu, Radu Mihalcea, Ion Smeureanu, Elena Nechita și Sabin Buraga.

O particularitate a acestei teleconferințe este aceea că autorii articolelor s-au aflat fiecare la ora stabilită în legătură directă, tip videoconferință, cu celelalte centre, au prezentat comunicările, după are ceilalți colegi din Iași, Bacău, Cluj, Chicago, Los Angeles, București și Chișinău au adresat rând pe rând întrebările, iar autorii au dat răspunsuri. Discuțiile au fost vii, la obiect și totul a fost susținut cu argumente solide.

Succesul acestei ediții i-a îndreptățit pe organizatori să continue același demers și în anul 2017, în zilele de 21 și 22 aprilie, a lui 2017 s-a desfășurat a VI-a Teleconferință internațională a tineriloccercetători având ca temă Crearea Societății Conștiinței în care direcțiile de cercetare au fost Robotizarea Societății Conștiinței, Sisteme informatice în Societatea Conștiinței, Informația, Cunoașterea și Conștiința robotică și Robotizarea, Întreprinderilor Mici și Mijlocii

Într-un viitor apropiat, un nou număr al revistei Society Consciousness Computers va fi dedicat publicării lucrărilor acestei Teleconferințe.

Implicarea cercetătorilor români în proiecte de informatică economică de anvergură este exemplificată cu finalizarea unui mare proiect concretizat prin publicarea cărții *Domain-Specific Conceptual Modeling Concepts, Methods and Tools*, apărută în Editura Springer în anul 2016, avându-i ca editori pe Dimitris Karagiannis, Heinrich C. Mayr, John Mylopoulos. Cartea are 594 de pagini este identificată prin ISBN: 978-319-394-9, DOI: 10.1007/978-3-319-39417-6 și ISBN 978-3-319-39417-6 (eBook). Autorii, cercetători din Austria, România, Elveția, Suedia, USA, Germania, Italia, Grecia, Republica Korea, Anglia, Australia, Franța, Spania și Japonia, tratează întreaga problemă legată de modeling conceptualization întrucât vin cu abordări teoretice generale mai întâi, după care dezvoltă acele elemente ale modeling conceptualization în zona sistemelor informatice, la definirea strategiilor din întreprinderi, în organizarea de aplicații bazate pe big data, în sistemele de e-learning avansat, în domeniul managementului de cunoștințe, pentru managementul sistemelor complexe, precum și în zonele de definire a cerințelor exacte din zona tehnico-ingenerească. Cercetătorul român Robert Andrei Buchmann este prezent în acest volum cu articolul *Fundamental Conceptual Modeling Languages IMiLAB*, realizat în colaborare cu alți patru specialiști.

De-a lungul anilor, informatica economică a adus în viața economică românească produse software și sisteme informatice economice care au permis ridicarea la un nivel superior a întregii activități din întreprinderi, din unele ramuri ale economiei, dar și în economie în ansamblul ei.

Implementarea unui sistem informatic statistic performant este opera colaborării interdisciplinare a statisticienilor cu specialiști în informatica economică, cu informaticieni-matematicieni și cu ingineri de computer science. Informatica economică are un rol special pentru că proiectarea unui sistem informatic statistic

are la bază o serie de particularități de culegere a datelor. Foarte multă lume consideră că statistica înseamnă sondaje, ceea ce este numai o abordare parțială. Statistica înseamnă cu mult mai mult. Există o zonă numită cercetare statistică de mare complexitate care se concretizează prin:

- definirea unui obiectiv;
- stabilirea datelor necesare;
- identificarea indicatorilor statistici;
- interpretarea rezultatelor;
- dimensionarea echipelor de lucru.

În plan informatic, văzută prin prisma informaticii economice, cercetarea statistică este analizată din punct de vedere al cheltuielilor, al duratelor de culegere a datelor, a calității datelor, a corecțiilor în datele culese, a riscurilor de eroare în datele prelucrate, a duratelor de prelucrare și de reluare a prelucrărilor și a modalităților de predare și de interpretare a rezultatelor.

Când s-a făcut primul recensământ la noi în țară folosind calculatorul ICL1900 din anul 1966, întreaga concepție a fost realizată ținând seama de cerințele informaticii economice prin:

- definirea formularelor direct utilizate în perforarea de cartele;
- validarea cartelelor perforate înainte de utilizarea la calculator;
- crearea fișierelor cu date inițiale în vederea concatenării;
- validarea logică a datelor înregistrate și efectuarea de corecții automate;
- prelucrarea datelor cu proceduri specifice recensământului;
- publicarea datelor și interpretarea rezultatelor.

Acum sistemul informatic statistic este aliniat la cerințele Uniunii Europene, ceea ce-i dă o și mai mare complexitate, iar problematica de a construi interfețe care să-i asigure interconectivitatea devine pe zi ce trece mai actuală. Toate abordările acestui sistem se realizează prin prisma informaticii economice întrucât întreaga problematică se referă la etapizare și dimensionare, ambele având corespondent în modele de cheltuieli strict dependente de particularitățile de mentenanță și de reinginerie de sistem informatic economic.

Aplicația de balanță a legăturilor dintre ramuri, trecută nejustificat acum în planul a V-lea, are corespondent în plan informatic o aplicație de informatică economică. realitatea economică recunoaște conceptul de ramură, dar punerea în corespondență a întreprinderilor cu ramurile se bazează pe nenumărate convenții din moment ce nu există întreprindere care să aparțină unei ramuri pure, cum nici ramuri pure nu există. Folosind o colaborare între economiștii care activează în întreprinderi și informaticianul specialist în informatică economică se definesc:

- lista de ramuri;
- lista de întreprinderi;
- conceptul de input al fiecărei ramuri;
- conceptul de output al fiecărei ramuri;
- conceptul de input al fiecărei întreprinderi;
- conceptul de output al fiecărei întreprinderi.

Deși bibliotecile de programe au componente care permit inversarea de matrice cu mii de linii și mii de coloane, din discuțiile dintre specialiștii statisticieni care trebuie să interpreteze rezultatele oferite de aplicația de balanță a legăturilor

dintre ramuri rezultă fie că listele de ramuri sunt prea mari și se impune restrângerea lor, fie că listele de ramuri sunt prea scurte și se impune detalieri. În ambele cazuri are loc o modificare a punerii în corespondență a întreprinderilor cu ramurile și o redefinire a conceptului de input, respectiv de output pentru ramuri și pentru întreprinderi. Este o muncă anevoioasă care necesită multă expertiză la nivel macroeconomic, pentru că aplicația este destinată deciziilor strategice la acest nivel. Faptul că balanța legăturilor dintre ramuri nu este utilizată curent și nu sunt studiate aspectele privind mentenanța prin reutilizare a matricelor de la o perioadă la alta, arată că în cercetarea de informatică economică există încă o temă deosebit de importantă de luat în considerare pentru perioadele viitoare.

Dezvoltarea de sisteme informatice economice a preocupat mereu pe cei care s-au ocupat de destinele întreprinderilor de toate felurile ca dimensiune, ca tipologie de procese și ca valoare a producției. Mai întâi s-a vorbit de analiza și proiectarea de sisteme informaționale, dar imediat ce s-a lucrat cu fișiere și cu baze de date s-a trecut la analiza și proiectarea de sisteme informatice. Abordarea prin prisma informaticii economice a realizării unui sistem informatic al unei organizații presupune:

- stabilirea obiectivului de realizat al sistemului informatic;
- definirea funcțiilor care duc la îndeplinirea obiectivului;
- determinarea duratei de realizare și implementare a sistemului;
- estimarea costurilor pe care le implică un astfel de demers;
- găsirea surselor sigure de finanțare a procesului de dezvoltare;
- identificarea celor care au resurse pentru a realiza un sistem informatic;
- negocierea și contractarea cu termene și sarcini clare;
- integrarea de componente parțiale ale sistemului, dar direct utilizabile;
- preluarea produsului final și finit și implementarea acestuia;
- efectuarea de plăți ritmice pentru livrabilele obținute și aduse în exploatare;
- asigurarea procesului de mentenanță pentru a-l face utilizabil permanent;
- efectuarea reingineriei sau înlocuirii sistemului informatic.

Este cunoscut faptul că un sistem informatic nou se realizează într-un interval de 2 până la 5 ani, ceea ce aduce mari probleme în condițiile în care la nivelul organizației parametrii manageriali și de tehnologie suferă schimbări care au un ritm cu mult mai accentuat. Nu de puține ori s-a întâmplat ca noile conduceri sau noile înzestrări tehnologice din organizație să impună redefinirea obiectivului, a funcționalităților și deci a structurii sistemului informatic. Uneori cerințele de modificare au fost atât de profunde încât s-a impus reluarea ciclului de dezvoltare aproape de la zero, ușurința demersului fiind dată de cunoașterea personalului din organizație, a specificului unor activități și câte ceva din condițiile pe care noul management sau noile tehnologii nu le-au schimbat.

Dezvoltarea de sisteme informatice economice de tip unicat este dorința fiecărei organizații, fie că este întreprindere orientată pe producție, fie că este vorba de o entitate unde se prestează servicii, fie că este vorba de orice altă entitate de tip cultural, social, medical sau de altă natură. Costurile foarte ridicate și mai ales duratele foarte mari de timp necesare pentru a analiza, proiecta și realiza un astfel de sistem informatic economic de tip unicat îi obligă atât pe producătorii de software, cât și pe investitori, dar mai ales pe utilizatorii de astfel de produse

informatică să caute și să găsească alte soluții. Pentru magazinele electronice se găsesc prototipuri chiar în forma open source care sunt preluate de informaticieni și adaptate cerințelor definite de clienții lor și sunt generate magazine online personalizate, astfel încât într-un termen rezonabil, la nivel de câteva săptămâni cel mult, clientul să aibă un magazin electronic operațional. Este adevărat că acel magazin electronic va avea exact aceleași funcționalități pe care le au toate magazinele electronice generate cu respectivul instrument, dar cumpărătorii exact această caracteristică și-o doresc pentru a nu trăi de fiecare dată o altă aventură de adaptare când intră pe un nou magazin online. Astfel de prototipuri sunt gândite pentru cabinete medicale, pentru agenții de presă, pentru vânzări de bilete la spectacole, pentru agenții imobiliare, pentru vânzări de ocazie și pentru mica publicitate dar și pentru agențiile matrimoniale și tot așa. Este adevărat că toate aplicațiile informatice generate folosind aceste instrumente aparțin unei și aceleiași generații, careia îi aparține generatorul, dar după un timp și generatorul se schimbă fiind realizat conform cerințelor unei noi generații. La nivelul redus al costurilor pentru a obține, folosind un nou generator, un nou magazin online de ultimă generație, evident se va trece la o astfel de abordare și în câteva zile se realizează transferul de baze de date cu produse și cu clienți prin conversii mecanice spre noul magazin online și totul reintră în activitatea de rutină, dar pe un plan superior și viața merge înainte. Toate acestea au la bază calculele specifice informaticii economice, căci momentul de înlocuire nu este unul oarecare, ci unul optim în raport cu criteriul de minimizare a costurilor de înlocuire și cu profiturile estimate ale utilizării noului produs.

Pentru sfera producției, lucrurile stau puțin altfel. Specificul fiecărei întreprinderi este extrem de bine definit și particularitățile proceselor de producție dau senzația că pentru întreprinderile orientate pe producție singura soluție de informatizare este cea a dezvoltării de sisteme informatice de tip unicat, ceea ce este numai parțial adevărat. Și întreprinderile orientate pe producție au funcții comune tuturor celorlalte organizații unde utilizarea de instrumente are câmp larg de întrebuintare. Concluzia pe care o dă informatica economică este aceea că trebuie adoptată o linie de mijloc, adică pentru funcțiile de producție cu caracter particular trebuie realizate componente noi ale sistemului informatic, iar pentru funcții comune trebuie integrate prin reutilizare componente informatice personalizabile. Astfel, pentru funcții precum resursele umane, gestiunea stocurilor, gestiunea contractelor, realizarea contabilității, managementul calității producției, plățile de taxe și impozite, plățile de salarii, comunicarea cu mediul de afaceri și comunicarea cu populația, se preiau componente informatice existente, multe dintre ele reunite într-un ERP – Enterprise Resource Planning. La ora actuală există nenumărați dezvoltatori de software care au realizat produse competitive de acest tip, dar problema esențială nu este produsul ERP în sine, ci echipa de informaticieni care trec să implementeze un astfel de produs la un client. Echipa trebuie să fie formată din specialiști care știu foarte bine produsul, care înțeleg natura economică a proceselor și fenomenelor din întreprindere și care știu să pună în corespondență specificul din organizație cu valori ale parametrilor ce trebuie inițializați în fiecare componentă a produsului ERP, asigurând consistența definițiilor și garantând operaționalitatea respectivului produs. Este adevărat că un produs ERP performant dispune de suficient de multe componente care asistă pe

cei care fac implementarea semnalând orice neconcordanță, dar dacă implementatorii merg pe ideea încercărilor succesive, vor fi puși în situația să potrivească din aproape în aproape nivelurile parametrilor, ceea ce lungeste nepermis de mult durata procesului de customizare. În cazul în care parametrii definiți la implementare au elemente de discontinuitate, din când în când apar defecțiuni în exploatare ceea ce determină declanșarea de procese de mentenanță severe chiar din primele rulări ale produsului, ceea ce nu este normal.

Există tentative din partea unor echipe mici de dezvoltatori de software de a crea produse ERP proprii, idee care din start este nerealistă, pentru că dacă în respectiva echipă ar exista specialiști în informatică economică, pe baza unor calcule de complexitate și a nivelurilor acceptate de productivitate a programatorilor, și-ar da seama că un astfel de demers se întinde pe o durată ce depășește 3–5 ani, iar riscurile de a nu finaliza un astfel de proiect sunt enorme în contextul în care tehnologiile au un ritm de schimbare deosebit de accelerat. Schimbarea de tehnologie în partea finală a realizării unui produs ERP are drept consecință producerea unui ERP depășit tehnologic, pentru că în urmă cu 3 sau 5 ani era în funcțiune o tehnologie care deja a fost înlocuită acum 2 sau 3 ani, deci decalajul de rămânere în urmă este de două tehnologii consecutive.

Aplicațiile de generare a variantelor de plan atât de necesare economiilor planificate de dinainte de 1989, au avut la bază sisteme informatice economice complexe, care utilizau baze de date ale nivelurilor planificate, ale nivelurilor realizate și raportate și studiind abaterile existente între plan și realizat erau căutate resurse pentru echilibrare. Când era vorba de a defini planuri multianuale, întotdeauna se pornea de la un obiectiv strategic. A existat ca obiectiv strategic acum foarte mulți ani în urmă atingerea nivelului de dezvoltare al Spaniei, a mai existat și alte obiective precum dublarea productivității muncii și, respectiv, realizarea unei ponderi cuprinse între 3% și 5% dintre produsele noastre care trebuiau să fie peste nivelurile mondiale în ceea ce privește parametrii de performanță. Pornind de la aceste obiective strategice, erau construite modele dinamice de dezvoltare care optimizau raportul dintre rata de dezvoltare și cea de consum. În baza unui astfel de model s-a ajuns la un optim de dezvoltare economică cu 33% fond de dezvoltare din venitul național, care în realitate era cu mult mai mică pentru că probabil cei care elaboraseră modelul nu identificaseră deficitul de forță de muncă necesar pentru a fi adăugat forței de muncă existent care să pună în opera diferența de cel puțin 6% care era sub formă de utilaje importate, dar neintroduse în flux din cauză că lipseau constructorii și specialiștii care să le monteze, dar și să le utilizeze. În momentul de față se vorbește de bugetele multianuale și chiar de realizarea de variante de bugete naționale care an de an intră în Parlament pentru a fi votate. Cu siguranță că asemeni activității de construire a planurilor de dinainte de 1989, acum se colectează date privind modul în care se constituie fondurile la buget și date privind modul în care se realizează cheltuielile sumelor alocate prin bugetul anual. Folosind aceleași tehnologii pe alte structuri de modele economice fundamentale diferite ca funcționalități, se elaborează variante de exercițiu bugetar, punind de la realizarea de obiective de importanță strategică pe termen scurt, fără a fi obiective strategice pe termen mediu și pe termen lung. Aceste obiective vizează fie

continuarea de obiective începute în guvernările precedente, fie stoparea acelor, ceea ce explică puzderia de construcții începute și părăsite de pretutindeni. Cu siguranță că abordarea din punctul de vedere al informaticii economice a întregii problematice ar trebui să vizeze acel echilibru de utilizare a fondurilor, dar mai ales construirea stringentă a bugetelor multianuale, iar bugetul din anul curent să fie o componentă a celui multianual, asigurând continuitate unor proiecte dar mai ales integrând totul într-o strategie națională pe termen lung, care decurge din programul de țară și el definit tot pe termen lung, program ce trebuie urgent definit.



Ion Smeureanu

Informatica economică și-a făcut prezența simțită în zona prognozelor economice prin proiectarea și realizarea de software destinate construirii modelelor de prognoză, a estimării coeficienților acestora și în verificarea ipotezelor privind calitatea proceselor și chiar a modelelor. A fost dezvoltat conceptul de bază de modele care pornește de la ideea că nu realitatea trebuie încorsetată într-un model existent, ci pornind de la o realitate dată se vor construi mulțimi de expresii analitice dintre care sunt selectate numai acelea care modelează cel mai bine fenomenele din realitate pentru care se dorește efectuarea prognozelor. La ora actuală, nu ridică nicio problemă utilizarea unei metode de estimare a coeficienților pentru o expresie analitică oricât

de complexă ar fi ea, din moment ce există seturi de date omogene care garantează cliitatea proceselor de calcul. În acest context metoda celor mai mici pătrate va fi considerată doar un mod de obținere a estimărilor, iar criteriile de minimizare sunt dintre cele mai variate pentru expresiile analitice.

După obținerea estimatorilor, după calculul nivelurilor pentru criteriile de ierarhizare a modelelor se trece la selectarea unui grup mai restrâns de modele. Prin rafinarea acestor modele se obțin câteva modele cu expresii analitice de complexitate ceva mai redusă, iar informatica economică arată că oricare dintre acestea este unul utilizat, nivelurile prognozate care se obțin au aceeași importanță sau valoare în plan informațional, adică au un caracter orientativ, fără a garanta 100% că acel nivel este atins cu exactitate, căci esența prognozei este de a da o imagine asupra evoluției probabile a unui fenomen pentru o perioadă de timp, suficient de lungă încât deciziile luate să aibă efectele scontate cât de cât, fără a avea idei preconcepute de excludere a riscurilor de a fi altfel de evoluții. Este un mod realist de abordare a problemelor modelării economice din punct de vedere al informaticii, fără idei preconcepute.

Se așteaptă acum, de când sunt abordările cu data science și big, la salturi spectaculoase în zona informaticii economice. Achizițiile de date actuale permit abordări cu totul revoluționare în toate domeniile unde funcționează criterii de minimizare a costurilor sau de maximizare a profiturilor. Există deja teze de doctorat cu soluții originale pe aceste teme.

Hotărârea nr. 1312/1973 privind aplicarea Decretului nr. 499/1973, referitoare la organizarea unitară a activității de informatică și unele măsuri pentru îmbunătățirea elaborării sistemelor de conducere economică (text publicat în M.Of. al României),

aflată în vigoare de la 06 octombrie 1973 până la 13 ianuarie 1998, a determinat crearea Centrelor de calcul teritoriale. Au fost organizate Centre teritoriale de calcul electronic, acele celebre CTCE, care au avut menirea de a implementa sisteme informatice, de a prelucra date pe echipamente de calcul și formare și perfecționare de cadre care să utilizeze produse pentru informatică. Prin această hotărâre au fost înființate următoarele CTCE-uri la Arad, Bacău, Baia Mare, Brașov, Brăila, Cluj-Napoca, Constanța, Galați, Iași, Oradea, Piatra Neamț, Pitești, Ploiești, Sibiu, Suceava, Târgu Mureș și Timișoara.

A altă Hotărâre, nr. 163 din 19 februarie 1973, a dus la înființarea Centrelor teritoriale de calcul electronic Baia Mare, Galați, Oradea, Piatra Neamț și Târgu Mureș, care la art 1 arată că se înființează pe data de 1 martie 1973, în subordinea Institutului Central pentru sisteme de conducere cu mijloace de automatizare, de sub îndrumarea și controlul Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie. În aceste centre teritoriale de calcul și-au găsit locurile de muncă ideale foarte mulți dintre specialiștii din informatica economică. La câțiva ani după anul 1989, centrele teritoriale au fost desființate, problemele de informatică ale administrației publice fiind externalizate spre companii private de dezvoltare și întreținere software. Trebuie spus că în Uniunea Europeană se află, la nivelul regiunilor administrative, structuri complexe de informatizare în subordinea administrației de stat, specializate în prestări de servicii diverse, începând cu dezvoltarea de noi sisteme informatice, până la asigurarea mentenanței sistemelor existente și calificarea de personal în utilizarea de aplicații informatice.

DISEMINAREA REZULTATELOR

Activitatea din domeniul informaticii economice s-a concretizat prin sisteme informatice economice implementate în combine, fabrici, uzine, centrale industriale și în ministere, dar și prin cărți de specialitate, articole publicate în reviste de informatică precum și în comunicări prezentate în secțiunile unor conferințe de informatică naționale, dar și internaționale, comunicări publicate în volumele acestor conferințe. Enumăr aici doar unele dintre aceste lucrări care ilustrează marea varietate a temelor abordate.

Pentru cei care doreau să se instruiască să scrie programe în limbajul COBOL, limbaj care se preta foarte bine pentru rezolvarea de probleme în care se lucra cu fișiere de materiale, de produse, de personal, de utilaje sau de documente contabile au fost elaborate și tipărite cărți precum:

Margareta Drăghici, *Inițiere în COBOL*, Editura Tehnică, București, 1972, 370 p.

Ioan Odăgescu, Gheorghe Sabău, *Limbajul COBOL fără profesor*, Editura Tehnică, București, 1985, 215 p.

Vasile Peteanu, Sabin Goron, Geza Venczel, Ioan Moldovan, *Culegere de probleme de programare în limbajul COBOL*, Editura DACIA, Cluj-Napoca, 1976, 352 p.

Ilie Văduva, Mihai Jitaru, Vasile Florescu, *Conceperea și realizarea programelor COBOL*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981, 471 p.

Multe din problemele economice care necesitau implementarea unor algoritmi de optimizare, dar și pentru soluționarea de probleme de calcule statistice cu serii de date, pentru estimarea coeficienților la modele econometrice sau pentru inversarea matricei cu sute de linii și sute de coloane ale balantei legăturilor dintre ramuri, le-au fost dedicate cărți de programare în limbajul FORTRAN, dintre care enumăr:

Petre Dimo, *Programarea în FORTRAN*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1971, 297 p.

Horia Georgescu, Octavian Basca, *Programe în limbajul FORTRAN*, Editura Albatros, București, 1975, 327 p.

M. Hanganut, I. Dancea, O. Negru, *Programe FORTRAN în automatică*, Editura Tehnica, București 1974, 305 p.

Stelian Niculescu, *Inițiere în FORTRAN*, Editura Tehnică, București, 1972, 278 p.

Stelian Niculescu, *FORTRAN, inițiere în programare structurată*, Editura Tehnică, București, 1979, 278 p.

Vale Roșca, Constantin Apostol, Ion Ivan, Ion Gh. Roșca, *Limbaje de programare – Limbajul FORTRAN și FORTRAN conversațional*, LITO ASE, București, 1980, 224 p.

C. Cazacu, T. Jucan, *Programarea în limbajul FORTRAN calculatorul FELIX C 256*, Editura Junimea, Iași, 1978, 213 p.

Teodor Vuscan, Sanda Cherata, Smaranda Dervesteanu, Andrei Enyedi, Ioan Vesa și Lidia Moldovan, *FORTRAN-77, Manual de programare*, ITC Cluj-Napoca, 1984, 169 p.

Teodor Vuscan, Sanda Cherata, Smaranda Dervesteanu, Andrei Enyedi, Ioan Vesa și Lidia Moldovan, *FORTRAN-77, Manual de operare*, ITC Cluj-Napoca, 1986, 146 p.

Bazelor de date, atât de necesare în gestiunea resurselor din întreprinderi, le-au fost dedicate numeroase lucrări, unde accentul s-a pus pe resursele oferite de bazele de date în vederea realizării acelor prelucrări care permit extragerea de submulțimi de înregistrări folosind criterii de selecție combinate, însoțite de numeroase prelucrări și prezentări ale rezultatelor prin utilizarea de interfețe prietenoase. Aceste cărți au reflectat dinamica dezvoltării sistemelor de gestiune ale bazelor de date – SGBD-uri și voi enumera lucrări precum:

Carmen Timofte, *Baze de date pentru comerț electronic pe suport Internet*, Editura Oscar Print, București, 2002, 485 p.

R. Avram-Nițchi, N. Ghișoiu, P. Breșfelean, L. Hâncu, R. Lacurezeanu, L. Mocean, Ș. Nițchi, D. Oprean, D. Sitar-Tăut, L. Stanca, N. Tomai, M. Vancea, *Aplicarea bazelor de date în economie*, Editura Risoprint, Cluj-Napoca 2009.

R. Avram-Nițchi, N. Ghișoiu, R. Lacurezeanu, L. Mocean, S.I. Nițchi, D. Oprean, D. Sitar-Tăut, L. Stanca, N. Tomai, M. Vancea, S. Jecan, *Elemente de programare și baze de date aplicate în economie*, Risoprint, Cluj-Napoca, 2007.

R. Avram-Nițchi, N. Ghișoiu, R. Lacurezeanu, L. Mocean, S.I. Nițchi, D. Oprean, D. Sitar-Tăut, L. Stanca, N. Tomai, M. Vancea, S. Jecan, *Elemente de programare și baze de date aplicate în economie*, Risoprint, Cluj-Napoca, 2006.

N. Ghișoiu, O. Vereș, *Datenbanken in Visual FoxPro*, Risoprint, Cluj-Napoca, 2006, 75 p.

R. Avram-Nițchi, P. Breșfelean, N. Ghișoiu, R. Lacurezeanu, M. Mocean, Ș. Nițchi, D. Oprean, D.A. Sitar-Taut, L.M. Stanca, N. Tomai, M. Vancea, *Baze de date și programarea aplicațiilor economice*, Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2005.

Ion Lungu, Adela Bâra, Iuliana Botha, Vlad Diaconița, *Baze de date: limbajul PL/SQL*, Editura ASE, București, 2009, 244 p.

Eugen Maftei, *ORACLE de la 9i la 11g pentru dezvoltatorii de aplicații*, Volumul 1 (part. 1 + 2), Manual complet, Editura Albastra, 2009.

Eugen Maftei, *ORACLE de la 9i la 11g pentru dezvoltatorii de aplicații*, Volumul 2 (Partea 1 + 2), Editura ALBASTRA, 2010.

Florentin Ipate, *Dezvoltarea aplicațiilor de baze de date în Oracle 8 și Oracle Forms 6*, Editura ALL, 2007, București, 440 p.

Manole Velicanu, Ion Lungu, Iuliana Botha, Adela Bâra, Anda Velicanu, Emanuil Rednic, *Sisteme de baze de date evoluat*, AES Printing House, București, 2009, 430 p.

Marin Fotache, *SQL, Dialecte DB2, Oracle, Visual FoxPro*, Editura Polirom, Iași, 2001, 366 p.

Ion Lungu, Nely Musat, Mihaela Manole, Manole Velicanu, Ion Teodor, Attila Barta, *Sistemul FOX PRO prezentare și aplicații*, Editura All, București, 1993, 319 p.

Octavian Basca, *Baze de date*, Editura All, București, 1997, 189 p.

Manole Velicanu, Ion Lungu, Iuliana Botha, Adela Bâra, Anda Velicanu, Emanuil Rednic, *Sisteme de baze de date evoluat*, AES Printing House, București, 2009, 430 p.



Una dintre cărțile fundamentale de baze de date la care a contribuit și profesorul Gheorghe Sabău din Catedra de Cibernetică Economică.

În mod special remarc apariția a două lucrări fundamentale fiecare în câte două volume care au marcat definitiv acest domeniu prin profunzimea abordării și

prin nivelul prin care autorii au reușit să se adreseze atât celor care studiază aspectele teoretice legate de baze de date, dar și practicienilor care trebuie în mod curent să le folosească. Aceste lucrări sunt:

Gheorghe Sabau, Alexandru Sotir (coordonatori) *PRACTICA BAZELOR DE DATE. Totul despre ... SOCRATE și SOCRATE -MINI pe Felix C, CORAL și Independent*, Vol. 1, Editura Tehnica, București, 1989, 496 p.

Gheorghe Sabau, Alexandru Sotir (coordonatori), *PRACTICA BAZELOR DE DATE. Totul despre ... SOCRATE și SOCRATE -MINI pe Felix C, CORAL și Independent*, Vol. 2, Editura Tehnica, București, 1989, 272 p.

Ion Lungu (coordonator), Adela Bâra, Constanta Bodea, Iuliana Botha, Vlad Diaconița, Alexandra Florea, Anda Velicanu, *Tratat de baze de date, Organizare, proiectare și implementare*, vol. 1, Editura ASE, București 2011, 540 p.

Ion Lungu (coordonator), Anca Andreescu, Adela Bâra, Anda Belciu, Constanta Bodea, Iuliana Botha, Vlad Diaconița, Alexandra Florea, Cornelia Gyrodî, *Tratat de baze de date, Sisteme de gestiune a bazelor de date*, vol. 2, Editura ASE, București 2015, 375 p.

Pentru cei care au proiectat și realizat sisteme informatice economice, au apărut lucrări destinate ciclului de realizare a acestor sisteme, dar și lucrări care au abordat latura economică a proceselor știute fiind resursele umane, materiale și financiare deosebite pe care le pun în mișcare aceste sisteme pe toată durata etapelor, fiind esențiale studiile și analizele de eficiență a investițiilor legate de achiziționări de tehnică de calcul, de software și mai ales de pregătire a personalului care trebuie să știe să utilizeze baze de date în procese permanente de actualizare și interogare. Enumăr pentru această zonă de teorie și practică lucrările:

Ion Lungu, Ana-Ramona Bologa, Vlad Diaconița, Adela Bâra, Iuliana Botha, *Integrarea sistemelor informatice*, Editura ASE, București, 2007, 302 p.

Dumitru Oprea, *Analiza și proiectarea sistemelor informaționale economice*, Iași, Ed. Polirom, 1999.

Gheorghe Sabău, Vasile Avram, *Sisteme Informatice în Management*, Editura Metropol, București, 1994, 275 p.



Bogdan Chilic-Micu

Tiberiu Georgescu, *Sisteme informatice pentru management*, Editura Lumina Lex, București, 2002.

Ion Lungu, Adela Bâra, *Sisteme informatice executive*, Editura ASE, București, 2007, 287 p.

Ion Lungu, Gheorghe Sabău, Manole Velicanu, Mihaela Muntean, Daniela Sandu, Elena Posdarie, Simona Ionescu, *Sisteme informatice. Analiză, proiectare, implementare*, Editura Economică, București, 2003, 527 p.

Constantin Ionescu (coordonator), *Organizarea și proiectarea sistemelor informaționale economice*, Editura ASE, București, 1982, 632 p.

Vasile Biță, Cristian Antonescu, Marcela Iosep, Ileana Trandafir, *Sisteme informatice*, manual pentru licee cu profil de informatică, clasa a XII-a, și școli de specializare postliceală, Editura Didactică și Pedagogică, 1977, 208 p.

Vasile Biță, Valerie Marinescu, Valeriu Pescaru, *Sisteme informatice economice. Produse informatice, centre, oficii și stații de calcul. Realizare, conducere și organizare*, Editura Tehnică, București, 1981, 234 p.

Valerie Marinescu, Ion Faur, *Realizarea unui sistem informational operativ și eficient în unitățile economice*, Editura Politică, București, 1974, 66 p.

Petre Vasilescu, Victor Dunca, *Proiectarea sistemelor informatice, cadru general, studiu de caz*, Editura Tehnică, București, 1979, 324 p.

Vasile Bița, Valerie Marinescu, Valeriu Pescaru, *Sisteme informatice în economie*, Editura Tehnică, București, 1981, 234 p.

Bogdan Onete, *Sisteme informatice*, Editura A.S.E., București, 2001.

Bogdan Onete, Constantin Bob, Ștefan Brad, *Sisteme informatice în administrarea afacerilor*, Editura Uranus, București, 2008, 167 p.

Unele dintre lucrările elaborate de cadre didactice, cercetători și de specialiști care activau în domeniul informaticii economice din mai multe universități din țară și din străinătate, au primit premiul Academiei Române și aici mă refer la lucrările:

Gheorghe Dodescu (coordonator), *INFORMATICA*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1987, 604 p., a primit premiul Academiei RSR în 1988.

I. Gh. Roșca, B. Ghilic-Micu, M. Stoica (coordonatori) F. Năstase, M. Mircea, C. Timofte, C. Silvestru, L. Bătăgan, O. Paiu, R. Zota, G. Zamfir, L. Goloșoiu, A. Mărășescu, *INFORMATICA. Societatea informațională. e-Serviciile*, Editura Economică, București, 2006, care a primit premiul Petre S. Aurelian, pe anul 2008.

Ion Ivan, Marius Popa, Paul Pocățilu, *Structuri de date*, vol. 1 și vol. 2, Editura ASE, București, 2008, care a primit premiul Tudor Tănăsescu în anul 2010.

P. Pocățilu, I. Ivan, A. Vișoiu, F. Alecu, A. Zamfiroiu, B. Iancu, *Programarea aplicațiilor Android*, Editura ASE, București, 2015, 700 p., a primit Premiul Tudor Tănăsescu în anul 2017.

În deceniul al IX-lea al secolului trecut, la ICI, cercetătorii F.G. Filip și A.D. Donciulescu au dezvoltat familia de sisteme suport pentru decizii de conducere de nivel mediu și operativ denumită *DISPECER* ale care membrii disponibili pe calculatoare Felix, minicalculatoare și PC au fost implementate în sisteme reale: rafinării, uzine de îngrășăminte chimice, sisteme de reținere și distribuție a apei. În Editura TEHNICĂ București, a apărut, în anul 2007 ediția a doua a cărții *Sisteme suport pentru decizii* de 372 de pagini, avându-l autor pe academicianul F.G. Filip. După anul 2010, au fost propuse soluții de sisteme collaborative de către specialiști de la INCE București – F.G. Filip, de la ASE – C.E. Ciurea și de la Universitatea Lucian Blaga Sibiu – C.B. Zamfirescu, iar rezultatele originale ale cercetărilor au fost publicate de autori în anul 2017 în lucrarea *Computer Supported Collaborative Decision Making*, care fost tipărită la Springer International Publishing.

Specialiștii din domeniul informaticii economice au avut și au prilejul de a-și prezenta rezultatele cercetărilor lor, dar și soluțiile pe care le-au implementat în producție cu prilejul participării cu comunicări la simpozioane, workshopuri și conferințe naționale sau internaționale de informatică unde întotdeauna și-au găsit locul teme de mare interes legate de sisteme informatice, de aplicații pentru optimizarea fluxurilor și sortimentelor, pentru calculul de necesar dar și pentru planificarea, ordonanțarea, lansarea și urmărirea producției. Astfel de manifestări științifice au fost organizate dintotdeauna și aici enumăr:

PERSONALITĂȚI

Datorită faptului că domeniul informaticii economice nu are o vechime mai mare de 60 de ani, foarte multe dintre personalitățile care au contribuit la dezvoltarea sa s-au aflat mulți ani printre noi sau altele activează încă fie la catedră, fie în laboratoarele de cercetare, fie în companii dezvoltatoare de software pentru economie.

Ctitorii informaticii economice sunt cei care s-au aflat în primele rânduri atunci când a luat ființă Secția de Mecanizare și Automatizare a Calculului Economic din cadrul Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică din Academia de Studii Economice. Îi numesc aici pe iluștrii profesori Manea Mănescu, Edmond Nicolau, Nicolae Racoveanu și Geo Vasilescu. Ei au definit planurile de învățământ, au stabilit profilul absolvenților și au asigurat filtrele de selectare a cadrelor didactice care să predea disciplinele în fața unor studenți selectați prin două probe de matematică și una de fizică la examenul de admitere. Lor li se datorează prezența în planurile de învățământ a unor discipline fundamentale de informatică, precum *Sisteme de calcul și de operare*, *Limbaje de programare*, *Analiza și proiectarea sistemelor informatice*, *Metode numerice*, *Tehnici de programare*, *Cercetări operaționale*, *Tehnici și metode de simulare*, dar și ponderea deosebit de importantă a disciplinelor de matematică pe durata a mai multor ani din cei cinci ani de studii. Începuturile pionieratului în informatica economică a presupus alegerea drumului pe care trebuia mers. Numai niște personalități foarte bine informate cu ceea ce se întâmpla în lume în acele vremuri în care dicționarele traduse din limba rusă prezentau cibernetica drept o știință reacționară, instrument îndreptat spre exploatarea clasei muncitoare, numai ei au știut să pună acest domeniu pe o traiectorie corectă. Dacă acum se vorbește despre informatica economică în termenii cei mai elogioși, multe li se datorează celor care i-au pus baze solide și care au vegheat ca ștacheta calității să fie ridicată și menținută cât mai sus.



Coperta unei cărți după care au învățat numeroase generații de studenți de la Informatică Economică.

Profesorii care au coordonat discipline de informatică economică, care au elaborat cursuri și culegeri de probleme, au ținut cursuri în amfiteatre și au condus seminarii și ore de laborator pentru studenții care urma să devină viitori specialiști în Centre de calcul teritoriale, în Oficii de calcul ale marilor combine industriale, ale unor centrale industriale, în Centre de calcul ale unor ministere și ale unor institute de cercetări, dar și la Comitetul de Stat al Planificării – C.S.P., Direcția Centrală de Statistică – D.C.S., Institutul de Tehnică de Calcul – I.T.C. și Institutul de Cercetare în Informatică – I.C.I. Profesorii care au contribuit decisiv la dezvoltarea informaticii economice sunt Vasile Biță, Valeriu Pescaru, Grigore Grama, ei fiind și coautorii celebrei lucrări *Mecanizarea și automatizarea lucrărilor de calcul statistic*, publicată în 1966, la Editura Didactică și Pedagogică, după care generații de studenți au învățat ce înseamnă tehnica de calcul mecanică, electromecanică, mecanografică și cum contribuie acesta la soluționarea de probleme economice complexe folosind ca purtători tehnici de informații banda perforată și, respectiv, cartele perforată. Aici enumăr pe profesorii Constantin Ionescu, Dan Racovițan, Ștefan Nițchi, Nicolae Ghișoiu, Nicolae Tomai, Oprea Dumitru, Ion Gh. Roșca, Valer Roșca, Gheorghe Sabău, Ioan Andone, Florin Pilat, cei care au format numeroase generații de specialiști, au coordonat teze de doctorat, au elaborat cursuri, au publicat articole în reviste de specialitate și au susținut comunicări la conferințe interne și internaționale pe probleme de informatică economică. Mulți dintre profesorii care predau discipline de specialitate proveneau din producție și știau atât teorie, cât și cerințele practicii din lucrul direct cu calculatorul, programele realizate de ei fiind cunoscute de beneficiari și nu numai. Ei se prezentau în fața studenților cu o bogată experiență și ofereau acestora detalii și mai ales sfaturi de ceea ce înseamnă a scrie programe de calitate și de fiecare dată exemplificările lor erau extrase din problematica concretă a producției reale, unde există termene, restricții și validare obligatorie.

Specialiștii care au lucrat în domeniul informaticii economice ca programatori, ca analiști, dar și ca directori sau șefi ai unor compartimente din centre de calcul unde latura economică a problematicii era dominantă. Lor li se datorează produse software destinate soluționării de probleme precum alocarea și nivelarea de resurse, croirea optimă a planșelor, calculul de necesar, elaborarea modelelor de prognoză, gestiunea de resurse în comerțul exterior, optimizarea rețetelor de fabricație, sistem informatic la un combinat de oțeluri, proiectarea optimă a navelor de mare tonaj, optimizarea sistemelor de irigații și multe altele. Îi numesc aici pe Doru Lucian Duță, Csaba Fabian, Gheorghe Ciobanu, Ruxanda Gheorghe, Iulian Satran, Ioan Catona, Vasile Mierlea, Cristian Popescu, Margareta Pencea, Ion Teodor, Ion Marcu, Virgil Chichernea, Alexandru Balog, Ladislau Gașpar, Marian Măceșanu, Romulus Arhire, Ștefan Mustăța, Doina Huluiță, Traian Surcel, Ioana Soare, Georgia Hera, Traian Lazea, Vasile Ionescu, Doru Pascu, Gheorghe Weisz, Alexandru Vinea, Manole Velicanu, Codrin Ionescu, Doru Pascu, Ana Maria Bâșcu, Mircea Magda și lista este departe de a se încheia pentru că în toate centrele și oficiile de calcul au lucrat specialiști de înaltă clasă, cu contribuții dintre cele mai importante în dezvoltarea și implementarea de sisteme informatice economice moderne. Diviziunea

muncii s-a accentuat pe fiecare an ce trecea în centrele de calcul, iar programatorii și analiștii au fost completați cu inginerii de sistem, proiectanții de baze de date, cu specialiști în testare și mai apoi în implementarea de produse program, toți contribuind în egală măsură la scurtarea ciclurilor de elaborare a produselor program, la creșterea calității software și la menținerea costurilor de elaborare în limite care să asigure eficiența introducerii informaticii în producție.



Acad. Florin Gheorghe Filip rostind alocuțiunea după decernarea titlului de *Doctor Honoris Causa* de către Academia de Studii Economice.

Prietenii informaticii economice au fost toți cei care au înțeles rolul și importanța informaticii economice și au sprijinit dezvoltarea acesteia prin toate mijloacele care le-au stat la dispoziție. Ei au realizat colaborări fructuoase între facultățile de profil și instituțiile pe care le conduceau sau unde activau, ceea ce a dat domeniului un plus important de valoare. Aici numesc pe academicienii Florin Gheorghe Filip și Gheorghe Păun, pe profesorii Paul Bran, Doina Banciu, Pavel Năstase, Victor Patriciu, Virgil Negoită, Valentin Cristea, Nicolae Tăpuș, Ion Românu, Ioan Dumitrache, Emil Munteanu, Vasile Peteanu, Vasile Baltac, Ilie Văduva, Ioan Văduva. Pe aceștia i-am regăsit cu articole în revistele și volumele conferințelor de informatică economică sau prezentând comunicări în sesiunile plenare ale conferințelor de informatică economică. Unii dintre prietenii informaticii economice au fost răsplătiți pentru eforturile făcute în direcția dezvoltării acestui diomeniu cu Diploma și medalia Grigoere Moisil acordată de Departamnentul de Informatică Economică și de Asociația INFOREC, unde sunt specificate explicit meritele deosebite ale fiecăruia dintre ei, prezentările aflându-se în paginile revistei Informatica Economică sau la adresa www.revista.ie.ase.ro

Fără ei informatica economică ar fi fost un domeniu sărac, mult rămas în urmă și sprijinul lor este resimțit pe termen lung prin numeroasele deschideri și oportunități pe care le-au creat în timp specialiștilor, profesorilor și specialiștilor care activează în domeniul informaticii economice.

CIBERNETICA, FORȚĂ A DEZVOLTĂRII ECONOMIEI PRIN INFORMATICĂ

Cibernetica este știința care a trecut în câteva decenii prin transformări extraordinare. Dacă în anii '50 era considerată o știință reacționară în slujba imperialismului de cei ce luaseră puterea politică în România după cel de-al II-lea Război Mondial, în deceniul al VII-lea al secolului trecut a recăpătat statutul de știință de avangardă. Au fost publicate lucrări fundamentale precum *Cibernetica sau știința comenzii și comunicării la ființe umane*, de Norbert Wiener la Editura Științifică din București în 1966 cu cele 272 p. ale ei și *Introducere în cibernetică*, a lui W. Ross Ashby în Editura Tehnică din București, în anul 1972, având 343 p. Oameni de știință din țara noastră au publicat rezultatele cercetărilor pe care le-au întreprins în domeniul ciberneticii.

Profesorul Edmond Nicolau, de la Institutul Politehnic din București, s-a remarcat ca un adevărat cibernetician prin cercetări în domeniul ciberneticii, fapt concretizat în lucrări publicate precum:

Edmond Nicolau, Constantin Bălăceanu, *Cibernetica*, Editura Științifică, București, 1961, 492 p.

Edmond Nicolau, *Cibernetica anunță viitorul*, Editura Ion Creangă, București, 1981, 192 p.

Edmond Nicolau, *Antologie, modelare, simulare, cibernetică*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1977, 208 p.

Edmond Nicolau, Alexandru Popovici, *Introducere în cibernetică sistemelor hibride*, Editura Tehnică, București, 1975, 303 p.

Edmond Nicolau, Alexandru Popovici, *Introducere în cibernetică sistemelor continue*, Editura Tehnică, București, 1972, 328 p.

Edmond Nicolau, Alexandru Popovici, *Introducere în cibernetică sistemelor discrete*, Editura Tehnică, București, 1966.

Edmond Nicolau, *Introducere în cibernetică*, Editura Tehnică, București, 1964.

Edmond Nicolau, *Om, mașină cibernetică*, Editura Politică, București, 1978.

Edmond Nicolau, *Analogie, modelare, simulare, cibernetică*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1977.

Pe lângă cursurile de teoria antenelor predate la Institutul Politehnic din București, profesorul Edmond Nicolau a predat cibernetică economică studenților secției de Mecanizare și Automatizare a Calcului Economic, remarcându-se prin problematica modernă abordată, care viza sistemele cibernetice complexe din economie și chestiunile de optimizare a acestora folosind principiul de maxim al lui Lev Pontryaghin. Cunoașterea mai multor limbi străine i-a permis profesorului Edmond Nicolau accesul la marea literatură a ciberneticii din toată lumea, devenind una dintre personalitățile cele mai importante din domeniu de la noi din țară.

La Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Informatică – ICI au existat cercetători care s-au aplecat cu multă atenție asupra teoriei sistemelor cu reglare inversă, componentă a ciberneticii. Cercetătorii Constantin V. Negoită și Dan Ralescu prin rezultatele originale obținute în domeniul mulțimilor vagi – fuzzy sets –

au contribuit la dezvoltarea de noi clase de sisteme cibernetice de mari dimensiuni și de foarte mare complexitate, în care coeficienții de importanță a componentelor și fluxurilor joacă un rol esențial în implementarea algoritmilor euristici de optimizare. Lucrările lor marchează rezonanța printre specialiștii din lumea întreagă a soluțiilor originale obținute de aceștia în domeniul de cercetare al mulțimilor vagi, care au adus importante mutații în cibernetica modernă:

Constantin V. Negoită, Dan Ralescu, *Mulțimi vagi și aplicațiile lor*, Editura Tehnică, București, 1974.

Constantin V. Negoită, Dan Ralescu, *Application of Fuzzy Sets in System Analysis*, Birkhauser Verlag, Basel, 1975.

Constantin V. Negoită, Dan Ralescu, *Representation Theorems for Fuzzy Concept*, Kybernetes, Vol. 4, no. 3, 1975, p. 169–174.

Constantin V. Negoită, *Fuzzy Systems*, Abacus Press, Tunbridge Wells, 1981, 111 p.

În perioada 1970–1980, cercetătorii F.G. Filip, Marius Guran, A.D. Donciulescu, L. Orășanu, Melia Muratcea, Dan Predoiu au dezvoltat cercetări privind sistemele ierarhizate de optimizare, conducere și management propunând *metoda coordonării directe on-line pentru modele dinamice ale entităților conduse* și metode de optimizare inspirate din cele de control optimal.

Rezultate ale cercetărilor au fost publicate în cartea *Sisteme ierarhizate și în timp real în prelucrarea, distribuția datelor*, publicată în Editura Tehnică din București, avându-i autori pe doctorii ingineri Marius Guran și Florin Gheorghe Filip. Pentru domeniul luării deciziilor de planificare și conducere a producției, cercetătorul științific Florin Gheorghe Filip a propus algoritmi de optimizare și simulare care erau aplicabili problemelor multicriteriale reprezentate prin modele dinamice, cu timp discret cu restricții tari pentru variabilele de stare și de comandă în condiții în care matricile sistemului erau rare și aveau coeficienți lent variabili în timp. În anul 2005 a fost publicată, la Editura Tehnică, ediția a doua a lucrării *Decizie asistată de calculator: decizii decidenți, metode de bază și instrumente informatice asociate*, având o prefață bogată și 376 pagini. De asemenea, academicianul Florin Gheorghe Filip, împreună cu Ion Ivan, Horațiu Dragomirescu, Răzvan Bologa și Cristian Ciurea de la Academia de Studii Economice au colaborat în elaborarea și experimentarea de modele matematice pentru evoluția instituțiilor culturale sub influența tehnologiei informației în context economic și social. Rezultatele au fost publicate în revista *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 21, nr. 3 din anul 2015 în articolul *Cultural heritage and modern information and communication technologies*, la pp. 441–459. Tot la ICI București, cercetătorul științific N. Andrei a adus contribuții importante privind algoritmi de optimizare a modelelor lineare și nelineare cu aplicații diverse în economie obținând premiul Academiei Române în anul 2000. Rezultatele soluțiilor originale obținute au fost publicate de autor în mai multe cărți dintre care menționăm masivul volum *Critica Rațiunii Algoritmilor de Optimizare cu Restricții*, publicată în anul 2013, la Editura Academiei Române și *Nonlinear Optimization Applications Using the GAMS Technology*, Springer Science-Business Media, New York.

Pe drept cuvânt, Ștefan Odoobleja este numit precursor al ciberneticii prin cele două volume însumând 504 pagini ale lucrării *Psychologie consonantiste*, apărută

la Paris, la editura Maloine, în anii 1938 și 1939, pe când autorul avea în jur de 36 de ani. Autorul, medic militar, a identificat elementele care stau la baza proceselor cibernetice, bazate pe reacția inversă, având formulări echivalente cu cele cunoscute din *cibernetica modernă*. Lucrarea a apărut în limba română în 1978, cu titlul *Psihologia consonantistă și cibernetică*, la Editura Scrisul românesc din Craiova, adică patruzeci de ani mai târziu, în care a fost reconsiderată valoarea sa științifică, iar autorului ei i s-au creat ocazii multiple de a evidenția ideile incluse în teoria sa modernă la conferințe și simpozioane științifice de prestigiu, unde specialiștii de pretutindeni i-au recunoscut valoarea științifică a rezultatelor sale din domeniul de început al ciberneticii.

Cibernetica economică este parte integrantă a ciberneticii și are ca obiective:

- studierea economice naționale, a ramurilor sale și a întreprinderilor ca sisteme dinamice complexe în care funcția de reglare este asigurată prin conexiune inversă, așa cum se întâmplă la totalitatea sistemelor cibernetice;

- modelarea fenomenelor și proceselor economice folosind tehnici și metode specifice analizei cantitative în care se definesc ipoteze pornind de la realitatea economică concretă, după care se procedează la construirea de expresii analitice care concordă cu comportamentul sistemelor reale, iar măsurarea erorilor generate duce la concluzia că modelele nu distorsionează realitatea economică și riscurile de utilizare a lor sunt acceptabile;

- prognozarea evoluției proceselor și fenomenelor economice pe diferite perioade de timp în ipoteze stabilite și acceptate, rezultatele fiind concretizate prin evoluții probabile ale acelor fenomene și procese cu luarea în calcul a ipotezelor privind dinamica factorilor de influență pe perioadele pentru care se realizează prognozele;

- optimizarea evoluției sistemelor pornind de la descrierea acestora prin seturi de restricții la care se adaugă una sau mai multe funcții obiectiv și prin utilizarea de algoritmi adecvați se obține soluția a cărei optimalitate trebuie demonstrată; sunt situații în care se utilizează algoritmi euristici dar și algoritmi de îmbunătățire, empirici, iar soluțiile obținute au o valoare relativă, lucru care reprezintă pași în dezvoltarea unor abordări cu mult mai riguroase;

- dezvoltarea de activități de cercetare pentru obținerea unor soluții folosind abordarea cibernetică la probleme actuale din economie, așa cum sunt cele de optimizare a raportului cerere-ofertă, minimizarea riscurilor pe piața valutară, optimizarea utilizării resurselor la nivel microeconomic și multe alte probleme din domeniul financiar-bancar, din management și din teoria valorii, unde progresele specifice economiei digitale sunt evidente.

Cibernetica economică, în același timp, este o știință, un domeniu de cercetare, o specializare în învățământul superior, o disciplină din planul de învățământ, titlul pentru numeroase cărți publicate, denumire de secțiuni ale unor manifestări științifice importante și a fost numele unei catedre fanion a Facultății de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică din Academia de Studii Economice.

Referitor la definirea ciberneticii economice, printre alte contribuții, un rol important l-a avut și prof. Manea Mănescu.

- a fondat Catedra de Cibernetică Economică având subcolective de informatică economică, statistică și cibernetică economică, a susținut constituirea pe lângă Catedra

de Cibernetică Economică a laboratoarelor de cercetare în domeniile informaticii economice, metodelor cantitative aplicate în economie și ciberneticii economice, după modelul universităților americane;

– a scris primul tratat de de *Cibernetică economică*, (512 p.), publicat la Editura Academiei R.S.R., în anul 1979; de asemenea, a coordonat publicarea unui tratat de avuție națională care a fost publicat, în anul 1984, la Editura Academiei R.S.R.; a fondat, în anul 1966, revista Studii și Cercetări de Calcul Economic și Cibernetică Economică, acum aflată la al 53-lea volum; varianta în limba engleză a revistei, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research este acum ISI indexată;

– de asemenea, a organizat conferințe și simpozioane anuale de cibernetică economică în sprijinul producției, unele ediții având participare internațională; a coordonat, împreună cu profesorul J. Rose, organizarea Congresului Mondial de Cibernetică și Sisteme din anul 1975, ale cărei lucrări au fost publicate în prestigioasa editură Springer în anul 1977; a dezvoltat o colaborare cu WOSC – World Organisation of Systems and Cybernetics, fiind decorat cu medalia Norbert Wiener și a organizat simpozioane bilaterale româno-germane dedicate utilizării ciberneticii economice în dezvoltarea societății;



Profesorul Manea Mănescu înconjurat de colegii din Catedra de Cibernetică Economică.

– pe linie didactică a încurajat încadrarea în catedră și în laboratoare a celor mai buni absolvenți proveniți din zona matematicii, științei calculatoarelor și economiei, dezvoltând echipe puternice de cercetare științifică în domeniul ciberneticii economice;

– a condus doctorate în domeniul ciberneticii economice și în domeniul utilizării tehnicilor și metodelor moderne de calcul economic, iar doctorii în economie coordonați Virgil Sora, Eugen Țigănescu, Traian Mitran, Gheorghe Oprescu, Marinache Vasilescu, Vasile Ionescu, Tudor Baron, Ion Românu și Valeriu Pescaru s-au dovedit a fi cadre didactice universitare deosebit de apreciate, dar și specialiști de bază în domeniile lor de activitate;

– a invitat să țină prelegeri în fața studenților și să conducă seminarii cadre didactice de prestigiu, precum și pe cei mai buni specialiști din producție, asigurând

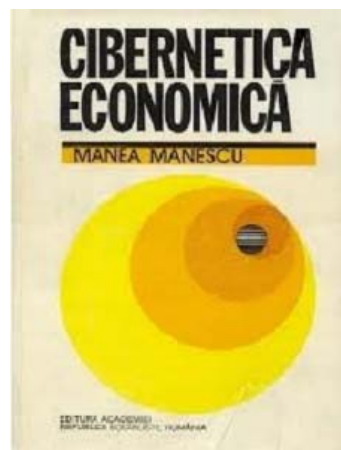
în acest fel un nivel de calitate superior procesului didactic și realizarea în practică a triadei învățământ–cercetare–producție;

– a stimulat traducerea cărților de cibernetică economică din literatura străină; amintesc aici cartea lui Ivan Nikolov intitulată *Cibernetica și economia* (354 p.), apărută în Editura Politică din București, în anul 1973. În anul 1966 a apărut cartea scrisă de Georg Klaus intitulată *Cibernetica și societatea* (488 p.), în Editura Politică, ceea ce puncta că țara noastră era conectată la ceea ce se petrecea în lume în domeniul ciberneticii economice.

După înființarea Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică în anul 1967 a apărut și specializarea de doctorat în Cibernetică și Statistică Economică, unde conducători de doctorat erau academicianul Manea Mănescu și profesorii Ludovic Tovissi, Constantin Ionescu, Mihai C. Demetrescu și Mircea Bulgaru. După 1989, numărul conducătorilor de doctorat a crescut incluzându-i pe profesorii Geo Vasilescu, Csaba Fabian, Gheorghe Boldur-Lățescu și Eugen Țigănescu. Tot atunci a apărut Școala doctorală cu specializarea de Cibernetică și Statistică Economică la Universitatea „Babeș-Bolyai”, unde conducători științifici de teze de doctorat au fost profesorii Ștefan Nițchi, Nicolae Ghișoiu, Nicolae Tomai, Dorina Lazăr și Gheorghe Silaghi. În aceeași perioadă a fost înființată Școala doctorală cu aceeași specializare la Universitatea „Al. I. Cuza” din Iași, având conducători de teze de doctorat pe profesorii Dinu Airinei, Dumitru Oprea, Mircea Georgescu, Ioan Andone, Florin Dumitru, Marin Fotache, Gabriela Meșniță, Ana Grama și Alexandru Țugui. De-a lungul timpului, au susținut teze de doctorat în această specializare tineri care au confirmat prin rezultatele valoroase obținute în cercetare sau în producție valoarea teoretică și practică a soluțiilor pe care le-au obținut și pe care le-au inclus în tezele lor de doctorat.

După căpătarea independenței de stat, în Republica Moldova a luat ființă Academia de Studii Economice din Chișinău, avându-l ca prim rector pe profesorul Paul Bran de la ASE București, unde s-a înființat Facultatea Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, având Catedra de Cibernetică și Informatică Economică. Studenților din facultate li se predă cursuri de modelare economică și de econometrie. La Școala doctorală de cibernetică și informatică profesorii Ion Bolun și Dumitru Todoroi. Analizând tematica tezelor de doctorat susținute până în prezent rezultă o mare varietate de probleme și abordări moderne din zona sistemelor economice complexe folosind atât tehnici ale ciberneticii economice, precum și metode ale econometriei și informaticii.

În anul 1969 au venit în Catedra de Cibernetică Economică, prin repartiție guvernamentală, unii dintre cei mai buni absolvenți de la Facultatea de Matematică și aici enumerăm pe Vasile Nica, Dumitru Marin, Afrodita Iorgulescu, Gheorghe Oprescu, Floare Mustață



Tratatul de *Cibernetică Economică*, publicat de profesorul Manea Mănescu în anul 1979.

și Margareta Mihalyi, aducând un plus important de valoare mediului economic efervescent în acele vremuri prin utilizarea de tehnici de ultimă oră în domeniul optimizării, a modelării matematice în economie, a metodelor numerice, a econometriei și a analizei de date.

În laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică – LCCE au fost obținute printre multe altele:

- modele de previziune și optimizare în industria chimică pentru perioada 1970–1980;
- modele de previziune și optimizare la nivel republican a transportului de produse petroliere;
- soluție privind minimizarea consumului de paterial lemnos în industria mobilei prin croirea optimă a planșelor;
- soluție privind optimizarea proceselor tehnologice la GIP Brazi;
- soluție privind optimizarea proceselor specifice reparațiilor capitale din industria chimică;
- soluție privind optimizarea proiectării sistemelor de irigații.

Mulți ani cursurile disciplinelor de cibernetică economică au fost predate de cercetători din Laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică, printre care enumăr pe dr. Moisa Altăr, dr. Radu Stroe, dr. Liliana Spiricu, dr. Gheorghe Ciobanu, dr. Carmen Hartulari, Rodeca Boconcios, Nicolae Manea, Constantin Hirtu, Gheorghe Zaharia, Doina Boldeanu, Grigore Focșeneanu, Cătălin Arsene și Ștefan Cruceanu. În tot acest timp cadrele didactice din catedră conduceau seminariile și lucrări de laborator, unele dintre ele având titlul de doctor în specializarea cibernetică economică și statistică, dar și lucrări publicate în edituri sau în reviste de specialitate, aspect care le-a creat un oarecare disconfort generat de stagnarea promovării lor pe poziții de predare cursuri.

Tinerii absolvenți Emil Scarlat și Doru Țaganea ai Facultății de Calcul Economic și Cibernetică Economică au devenit direct cadre didactice, iar absolvenții Ion Dobre, Crișan Albu, Mihai Păun, Gheorghe Ruxanda, Ana Andrei, au lucrat mai întâi în laboratoarele catedrei, după care, prin concurs, au devenit cadre didactice. În acest fel s-a întărit și mai mult subcolectivul de cibernetică economică din catedra cu același nume.

Datorită unei politici bizare și de neînțeles a conducerii Catedrei de Cibernetică Economică, o serie de cadre didactice valoroase au migrat spre alte catedre din ASE și numesc aici pe dr. Pavel Năstase, dr. Marcel Stoica și dr. Ilie Tamaș sau au plecat din ASE, așa cum s-a întâmplat cu Dan Ionescu, Tudor Misdolea și Livia Nisipeanu.

La începutul anilor '90 profesorii Eugen Țigănescu, Dumitru Marin, Crișan Albu, Emil Scarlat, Ana Andrei, Ion Dobre, Vasile Nica, Gheorghe Boldur, membri ai subcolectivului de cibernetică economică din Catedra de Cibernetică Economică au hotărât să se desprindă de vechea catedră, constituindu-se într-o nouă catedră, catedră care se numea tot Catedra de Cibernetică Economică, iar subcolectivul de statistică a fost asimilat de catedra de Statistică Economică. Noua catedră a funcționat până în anul 2011, când în urma reorganizării pe departamente a fost inclusă prin fuziune, într-un nou departament, Departamentul de Informatică și Cibernetică

Economică și astfel Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică a rămas fără catedra sa fanion, lucru rar întâlnit în învățământul superior de pretutindeni. S-a încheiat atunci o pagină încărcată de glorie.



Laborator de informatică al Facultății de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică – CSIE din ASE București.

Anul 1990 a adus după sine o serie de mutații dintre cele mai nefavorabile ciberneticii economice odată cu îndepărtarea fondatorului acestui domeniu, profesorul Manea Mănescu, datorită erorilor sale grave efectuate în plan politic pe durata premergătoare Revoluției din Decembrie 1989, erori care au avut consecințe dramatice asupra carierei și evoluției sale ulterioare.

În noul context creat, au avut loc mutații precum:

- destrămarea Laboratoarelor Catedrei de Cibernetică Economică – LCCE, acțiune pornită din interior și încurajată de toți cei care s-au opus utilizării ciberneticii și matematicii în economie;

- plecarea specialiștilor din laboratoare spre catedrele de Finanțe, Cibernetică și Matematică din Academia de Studii Economice sau spre universități;

- organizarea de manifestări științifice având o nouă numerotare, rupând în acest fel legătura cu trecutul, deși acel trecut le-a adus tuturor poziții deosebit de importante în evoluțiile ulterioare, căci și la aniversarea semicentenarului Facultății de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică, vrând-nevrând, au trebuit scoase în evidență acele elemente perene ale ciberneticii economice, legate integral de numele lui Manea Mănescu;

- împrăștierea echipei care s-a ocupat de revista Studii și cercetări de Calcul Economic și Cibernetică Economică, cu creșterea accentului spre indexarea acestora în baze de date și obținerea calificării ISI, un rol crucial avându-l în acest sens profesorii Gheorghe Ruxanda și C. V. Negoită;

- restructurarea planurilor de învățământ încercându-se apropierea de exigențele marilor universități ale lumii, deși acestea nu au departamente de *cibernetics*, așa cum sunt departamentele de computer science care au stat drept modele pentru Secția de Informatică Economică reînființată în Facultatea de Cibernetică;

– constituirea unei noi echipe de conducători științifici de doctorat formată din profesorii Eugen Țigănescu, Gheorghe Boldur-Lătescu, Emil Scarlat, Dumitru Marin, Ana Andrei, Ion Dobre, Stancu Stelian, Mihai Roman, Crișan Albu, toți venind cu alte viziuni asupra domeniului ciberneticii economice, mulți dintre ei fiind și absolvenți ai celei de a doua facultăți, facultatea de matematică;

– atomizarea și regruparea specialiștilor pe subdiviziuni de discipline, pentru a-și manifesta independența de vechile abordări din domeniul ciberneticii economice și mai ales re poziționarea față de personalitatea fondatorului facultății, marcând în acest fel un nou început, bazat pe o ruptură ireconciliabilă față de trecut; mărturie stau reținerile tuturor conducerilor Catedrei de Cibernetică Economică, dar și ale Facultății de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică în a-i permite fondatorului lor, profesorul Manea Mănescu de a veni în clădirile pe care el le-a construit ca invitat al unuia dintre ei, spunându-se de fiecare dată că nu este momentul potrivit.

Cibernetica economică are un cadru de dezvoltare adecvat, ceea ce permite dezvoltarea de activități specifice învățământului universitar. Au fost publicate cărți dintre care enumăr câteva aici:

Emil Scarlat, *Cibernetica sistemelor macroeconomice reale*, Editura Economică, București 2005, 287 p.

Emil Scarlat, Nora Chiriță, *Bazele ciberneticii economice. Teorie, aplicații și studii de caz*, Editura Economică, București, 2015, 258 p.

Eugen Țigănescu, Gheorghe Oprescu, Emil Scarlat, *Sistem integrat de conducere a întreprinderii și ramurii*, Tipografia Academiei de Studii Economice, București, 1988.

Gheorghe Oprescu, Dumitru Marin, Anca Andrei, Dorin Mitruț, *Modele cibernetice ale mecanismelor de reglare în sistemele economice*, Edit. ASE, București, 1999.

Stelian Stancu, Tudorel Andrei, *Microeconomie – teorie și aplicații*, București, Editura ALL, 1997.

Stelian Stancu, *Competiția pe piață și echilibrul economic*, București, Editura Economică, 2002.

Stelian Stancu, *Modelarea cibernetică a fenomenelor economice*, București, Editura ASE, 2003.

Gheorghe Oprescu, Anca Andrei, Dumitru Marin, Eugen Țigănescu, Emil Scarlat, *Modele dinamice ale economiei de piață* (vol I + II), F.F.Press, 1996. București, Editura Infocrec, 1997.

Anca Andrei, Gheorghe Oprescu, Dumitru Marin, Dorin Mitruț, Mihai Roman, *Modele dinamice de conducere optimă a activității firmei*, Editura ASE, București, 2001.

Nou înființata catedră de Cibernetică Economică s-a consolidat prin atragerea cercetătorilor din Centrul de Calcul al ASE organizând concursuri de ocupare a posturilor didactice. Au devenit profesori prin concurs Gheorghe Ciobanu, Carmen Hartulari, Gheorghe Ruxanda, Adrian Bădescu, Angela Galupa, Liliana Spircu, Radu Șerban și Mihai Păun.

Faptul că nu și-au găsit locul acolo dr. Moisa Altăr, dr. Radu Stroe, Doina Boldeanu și Grigore Focșăneanu, cercetători de mare prestigiu în domeniul ciberneticii

economice aplicate, a produs o anumită mutație concretizată prin schimbări profunde la nivelul unor discipline predate la Facultatea de Finanțe, Asigurări, Bănci și Burse de Valori – FABBV, unde au ocupat prin concurs posturi de profesori în Departamentul de Monedă și Bănci. Acolo au înființat masteratul de mare succes Finanțe și Bănci – DOFIN. Discipline precum Macroeconomie și Stabilitate Financiară, Calcul stochastic în finanțe, Econometria seriilor de timp, Optimizarea deciziilor financiar-monetare, macroeconomie monetară, Econometrie bayesiană și Microeconomie financiară își au rădăcinile în activitatea desfășurată și de acești profesori provenind din Laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică – LCCE, care din motive obscure nu și-au găsit locul în noua catedră de Cibernetică Economică. De-a lungul anilor, până la desființare, Catedra de Cibernetică Economică, atât cea veche, cât și forma nouă, a avut șefi în persoana profesorilor Manea Mănescu, Ludovic Tovissi, Mircea Bulgaru, Virgil Sora, Geo Vasilescu, Emil Scarlat, Eugen Țigănescu și Dumitru Marin. Facultatea de Calcul Economic și Cibernetică Economică a avut decani din zona ciberneticii economice în persoana profesorilor Edmond Nicolau și Geo Vasilescu. În vremea când facultatea s-a transformat incluzând în titulatură termenul de planificare, decani au fost tot din zona catedrei de Cibernetică Economică în persoana profesorilor Virgil Sora și Eugen Țigănescu. După 1990 noua facultate, Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică a avut primii decani profesorii Geo Vasilescu și Dumitru Marin care veneau și ei tot din zona ciberneticii economice.

Profesia de cibernetician trebuie definită, astfel încât să acopere atât zona tehnică, zona medicală, cât și pe cea din zona economică. Toți specialiștii care fac cibernetică în aceste domenii trebuie să dea dovadă de multă aplecare asupra acestei probleme. Există însă, la poziția 2511, profesia de analiști de sistem în COR-Catalogul Ocupațional din România, asociată celor care efectuează cercetări, analizează și evaluează cerințele clientului privind tehnologia informației, procedurile sau problemele, dezvoltări implementează propuneri, recomandări, precum și planuri de îmbunătățire a sistemelor de informare actuale sau viitoare. Ei trebuie să includă noi laturi care sunt specifice muncii ciberneticianului, căci este destul de departe această definiție de ceea ce ar trebui să facă un analist de sistem cibernetic. Ciberneticianul este cel care stăpânește tehnici și metode specifice ciberneticii economice, care efectuează prognoze, construiește modele cibernetice și care derulează procese de optimizare atât la nivel microeconomic, dar mai ales la nivel macroeconomic, care construiește modele de prognoză și fundamentează procese de optimizare a deciziilor. Pentru a dezvolta activități de angajare, este nevoie de o echipă puternică de ciberneticieni care activează în zona economică, având o strategie clară și o viziune care să le permită dezvoltarea de proiecte de mare amploare, exact așa cum s-a făcut în Laboratoarele Catedrei de Cibernetică Economică-LCCE pe vremuri, dar cu alte instrumente, cu o altă abordare. La nivelul secolului al XXI-lea cu totul altele erau provocările și cu totul altele erau resursele în plan informatic. Managementul de cunoștințe, algoritmi genetici, data mining, big data, data science și cloud computing trebuiau priviți nu doar ca resurse la dispoziția economiștilor ciberneticieni și nici ca simple elemente de derulare a unor activități didactice fie în zona licenței sau în mastere profesionale, ci ca instrumente pentru realizarea de proiecte majore de cercetare științifică de mare impact pentru economie și societate.

Este evident că o astfel de gândire presupune revenirea la triada învățământ–cercetare–producție, iar proiectele mari presupun echipe puternice și valoroase. La o analiză atentă se va vedea că resursa umană disponibilă este limitată și dominată de activități didactice, neimplicată în mari proiecte de cercetare finanțate fie din fonduri naționale, fie din fonduri europene.

Epoca de glorie a ciberneticii economice a fost undeva în perioada 1970–1985, când au existat proiecte importante de cercetare orientate pe probleme de modelare macroeconomică, pe probleme de optimizare sectorială și pe probleme de prognoză la nivel de economie dar și la nivel de ramuri ale economiei. În acea perioadă dr. Gheorghe Ciobanu a realizat produsul program pentru alocarea și nivelarea de resurse, utilizat în optimizarea derulării reparațiilor capitale la utilaje complexe din industria chimică. Produsul program era utilizat de o echipă formată din Dumitru Vișan, Emil Dumitrescu, Ion Băncilă, dr. Camelia Rațiu, Carmen Hartulari, Crișan Albu și Mihai Păun. De asemenea, tot atunci a fost dezvoltat produsul program EMI de către Gheorghe Ruxanda, produs utilizat în dezvoltarea de modele de prognoză la nivel macroeconomic, recunoscut pentru nivelul de generalitate în abordarea expresiilor analitice de definire a modelelor economico-matematice, care pentru prima dată permitea dezvoltarea problemelor de la realitate spre structuri de modele și numai după aceea se obținea o varietate de expresie analitică reprezentativă în raport cu un criteriu de selecție acceptat și apoi cu probabilitate maximă de a fi validat de evoluția reală a fenomenului sau procesului pentru care a fost construit modelul de prognoză. Și, pentru modelul de dezvoltare economico-socială a zonei Mureșului Superior, colectivul de cercetători coordonat de dr. Moisa Altăr a construit modele cibernetice care le-au permis găsirea de soluții care să optimizeze aspecte dintre cele mai complexe ale zonei, într-o abordare multisectorială.

Am certitudinea că într-un viitor apropiat, când vor fi create condițiile de finanțare a realizării de proiecte de cercetare bazate pe modele ale ciberneticii economice, forțele existente în subcolectivul de cibernetică economică din Departamentul de Informatică și Cibernetică Economică, va găsi forțele necesare implicării în obținerea de soluții realiste, eficiente, originale pe care practica să le valideze, folosind cele mai noi tehnici și metode pe care fiecare membru al acestui subcolectiv le stăpânește la perfecție. Până atunci, cei de acolo trebuie să reînoade trecutul de prezent pentru a se prezenta în fața istoriei cu o imagine completă, în care toate piesele din puzzle sunt la locul lor.

CONCLUZII

Informatica economică de la noi este un domeniu dinamic cu largă arie de răspândire, care are un trecut consemnat alături de istoria informaticii românești, căci de la scrierea de programe în cod mașină până la realizarea de aplicații online dintre cele mai complexe au fost și acum sunt vizate criteriile economice, fluxuri bănești și aspecte dintre cele mai variate de utilizare eficientă a resurselor. Și în viitor informatica se va dezvolta în concordanță cu cele mai noi tehnologii și va utiliza cele mai noi rezultate din domeniul limbajelor de programare, a sistemelor

de gestiune a bazelor de date, a dezvoltării de instrumente specializate pentru a implementa cei mai complecși algoritmi care reduc decalajul dintre limbajele convenționale și limbajul natural, permițând lucrul generalizat cu cunoștințe. Totul va trece prin furcile caudine ale criteriilor economice de performanță. Numai așa se va face trecerea de la societatea informațională la societatea bazată pe cunoaștere și mai apoi spre societatea conștiinței. Informatica economică este una dintre componentele esențiale alături de informatica teoretică și informatica tehnică care conduc la dezvoltarea societății informaționale. Întotdeauna informatica a avut nevoie de dezvoltare bazată pe o strategie, ceea ce s-a făcut în trecut prin adoptarea începând cu anul 1971 a unui program de dezvoltare până în anul 1980 a informaticii, adoptat la nivel de stat și urmărit pas cu pas, lucru care trebuie realizat și acum, căci definirea urgentă a unei strategii solide pe termen lung va permite crearea unei viziuni unitare asupra investițiilor care se vor realiza și care vor menține informatica românească în prima linie, așa cum a făcut-o din totdeauna, la început cu producția de calculatoare, acum cu specialiștii de înaltă clasă care lucrează peste tot în lume și în viitor cu produse software ce devin indispensabile vieții cotidiene așa cum aerul este crucial respirației.

BIBLIOGRAFIE

- Guran Marius, *ICI, Institutul Național de Cercetare Dezvoltare în Informatică, 40 de ani în folosul informaticii românești*, Ediția a II-a, Editura AGIR, București, 2012, 386 p.
- Ivan Ion, *Marii mei profesori*, în volumul *Pagini de istorire – Academia de Studii Economice*, Editura ASE, București, 2003, pp. 124–129.
- Miu Ion, *IIRUC – Intreprinderea pentru Intretinerea și Repararea Utilajelor de Calcul și electronica Profesionala. De la început și pana azi*, vol. 1, 2, 3, Editura MEDPRO, București, 2014.
- Miu Ion, *Tehnica de calcul*, Editura A.G.I.R., 2013, 266 p.
- Rus Vasile, *Fondarea informaticii clujene*, Editura Albastră, Cluj-Napoca, 1997, 189 p.
- Darie Viorel, Petre Rău, *Amintiri din epoca FELIX a calculatoarelor românești*, Editura InfoRapArt, Galați, 2011, 276 p.
- Smeureanu Ion, Claudiu Herțeliu, *Facultatea de Cibernetică, Statistică și Informatică Economică la Semicentenar*, Editura ASE, București, 2017.
- Vaida Dragoș, *Informatica în România – primii ani*, Revista de politica științei și scientometrie – serie nouă, Vol. 4, Nr. 1/2015, pp. 29–33.

O SECȚIE DE „ȘTIINȚA ȘI TEHNOLOGIA INFORMAȚIEI” LA ACADEMIA ROMÂNĂ

FLORIN GHEORGHE FILIP

PRECURSORI

Secția de știința și tehnologia informației s-a format la începutul anului 1992 cu un număr de șase membri ai Academiei Române, proveniți din Secția de științe tehnice : acad. Mihai Corneliu Drăgănescu, prof. Dan Dascălu, prof. Petre Stoica, dr. Gheorghe Tecuci, dr. Florin Gheorghe Filip (membri corespondenți) și dr. Victor Toma (membru de onoare). La aceștia a fost adăugat numele lui Vasile Mihai Popov, membru corespondent din 1963, stabilit în SUA.

Trebuie remarcat faptul că o serie de eminente membri ai Academiei Române au anticipat prin opera lor apariția Secției. Dintre aceștia, pot fi menționați:

- N. Vasilescu-Karpen (membru corespondent 1919, membru titular din 1923, vicepreședinte între 1930–1932 și 1942–1944), un pionier al electrotehnicii și sistemelor de comunicații;
- Ștefan Odobleja (membru post-mortem din 1990), un precursor al *Ciberneticii generalizate* prin lucrarea sa *Psychologie consonantiste* (Editions Maloine, Paris);
- Grigore Moisil (membru titular din 1948), recunoscut post-mortem (în 1996) de către IEEE (*Institute of Electrical, and Electronic Engineers*) drept “computer pioneer” pentru vasta sa operă din domeniul informaticii teoretice și formării primelor generații de cadre din domeniu;
- Victor Toma (ales, în 1991, membru de onoare al Academiei Române), autor al primului calculator electronic denumit *CIFAI*, demonstrat în 1955 și complet operațional în 1957;
- Tiberiu Popovici (membru corespondent din 1948, titularizat în 1953), coordonator al echipei care a realizat, în 1963, calculatorul *DACICC-1* (Dispozitiv Automat de Calcul al Institutului de Calcul, Cluj);
- Tudor Tănăsescu (membru corespondent din 1952), care a fondat, în 1961, alături de Mihai Drăgănescu, catedra de *Tuburi, tranzistoare și dispozitive electronice* la Facultatea de electronică a Institutului Politehnic din București;
- Aurel Avramescu (membru corespondent din 1955), un promotor al domeniilor telecomunicațiilor, automaticii și informaticii documentare;
- Gheorghe Cartianu-Popescu (membru corespondent din 1963), cu importante contribuții științifice și practice în radiocomunicații și prelucrării de semnale;

- Cornel Penescu (membru corespondent din 1963), cu remarcabile contribuții științifice și practice în automatică și calculatoare și în formarea cadrelor din acele domenii;

- Vasile Mihai Popov (ales membru corespondent al Academiei Române în anul 1963), care a lansat, în 1959, *Teoria Hiperstabilități sistemelor automate*;

- Mihai Drăgănescu (ales membru corespondent în 1974), care i-a succedat, din 1962, lui Tudor Tănăsescu la conducerea catedrei de specialitate, a coordonat activitatea echipei de sinteză care a redactat *Programul de dotare a economiei naționale cu echipamente moderne de calcul și prelucrarea datelor* (lansat pe data de 21 iunie 1967), un veritabil act de naștere al sectorului informaticii în România, a propus apoi conceptele societății informaționale și ale filozofiei informației.

Dintre cei de mai sus, lui Mihai Drăgănescu i-a revenit onoarea de a fonda secția de *Știința și tehnologia informației* în 1992, pe când era și primul președinte al Academiei Române renăscute .

În materialul de față se vor evoca primele momente din scurta istorie a Secției, care a fost, din câte cunosc, prima secție cu acest profil într-o academie europeană.

ÎNCEPUTUL

Din documentele oficiale disponibile studiate se constată că prima referire la posibilitatea creării unei entități organizatorice de informatică în cadrul Academiei Române a fost făcută de Adunarea generală din 7–8 martie 1991. Cu acea ocazie, academicianul Drăgănescu, primul președinte al Academiei renăscute, afirma (*Anale/91*, p. 42):

„La Secția de științe tehnice, vom lua în dezbatere conturarea unei subsecții pentru Știința și tehnologia informației, domeniu foarte nou, deosebit de important pentru viața științifică, economică și culturală.”

De altfel, terenul fusese pregătit în acest sens încă din anul anterior. În *Raportul în domeniul cercetării științifice și avansate*, prezentat în Adunarea generală din 13 noiembrie 1990 de către acad. N.N. Constantinescu, secretarul general, se arată că „elaborarea concretă a strategiei cercetării s-a făcut sub conducerea secțiilor științifice ale Academiei” (*Anale/90*, p. 37). În acel Raport, deși nu exista încă o secție de specialitate în informatică, la Punctul 6, dedicat *științelor tehnice*, se propuneau mai multe activități de cercetare specifice, valabile în bună măsură și astăzi:

„Pe tărâmul informaticii [se au în vedere]: prelucrarea asistată de calculator a informațiilor de tip text în vederea manipulării în timp real a limbajului material (corect „natural”), sisteme de calcul de tip neuronal pentru prelucrarea datelor tip 2D și 3D, elaborarea de sisteme informatice pentru informatizarea societății, elaborarea și implementarea de algoritmi numerici pentru calculatoare, elaborarea programelor și limbajelor de inteligență artificială” (*Anale/90*, p. 41).

Alte elemente care au pregătit înființarea Secției de știința și tehnologia informației au fost:

- existența în Academia Română a patru membri din domeniul viitoarei secții și
- activitatea unor institute ale Academiei cu realizări în domeniu.

Referitor la primul aspect, în Academia Română, pe lângă acad. Drăgănescu (titularizat în Adunarea generală din 22 ianuarie 1990 în conformitate cu prevederile Art. 5 din *Decretul-lege privind organizarea și funcționarea Academiei Române* din 5 ianuarie 1990) și Vasile Mihai Popov, au fost aleși, pe rând, ca membri corespondenți: prof. Dan Dascălu în 1 noiembrie 1990 (titularizat în 1993) și Gheorghe Tecuci în 31 ianuarie 1991 (titularizat în 1993).

În ceea ce privește existența unor institute cu activități de cercetare, în *Raportul de activitate pe anul 1990*, prezentat de către acad. Mihai Drăgănescu, președintele Academiei Române, în Adunarea generală din 31 ianuarie 1991 se remarcă rezultatele Institutului de Informatică Teoretică din Iași („*analiza digitală a semnalelor, sistemelor fuzzy, algoritmi de calcul paralel*”) și ale Institutului de Tehnică de Calcul din Cluj-Napoca („*analiza numerică și aplicațiile în calculul numeric*”, *Anale/91*, p. 48). Tot în aceeași Adunare generală, președintele Academiei observa totuși că:

„Nu am realizat până acum niciun institut nou de cercetare arondată [...] Apoi un institut de electronică, robotică, automatică și informatică biologică” (*Anale/91*, p. 43).

În prezent, în coordonarea Secției funcționează, pe lângă *Institutul de Informatică Teoretică din Iași*, *Institutul de Cercetări pentru Inteligență Artificială și Prelucrarea Limbajului Natural* (care, din anul 2013, poartă numele academicianului Mihai Drăgănescu) și *Centrul pentru Noi Arhitecturi de Calcul*. Un aspect mai puțin evocat, dar care merită a fi remarcat, îl constituie premiile Academiei Române în domeniul științelor tehnice pentru lucrări de informatică și automatică, acordate prin deciziile Prezidiului din 18 iunie 1990 și 6 octombrie 1990 (*Anale/90*, p. 110) înainte de înființarea Secției:

- Premiul „Traian Vuia” acordat domnului Gheorghe Tecuci pentru *Cercetări privind sistemele instruibile*;
- Premiul „Aurel Vlaicu” acordat domnului Mihail Voicu pentru grupul de articole *Asupra aplicării metodei invariației de flux în teoria și proiectarea sistemelor automate*.

În Adunarea generală din 18–19 decembrie 1991, numărul membrilor Academiei Române, care aveau să facă parte din Secție, a crescut. Au fost aleși membri corespondenți: dr. Florin Gheorghe Filip (titularizat în 1999), prof. P. Stoica (devenit, la cerere, membru de onoare, în 1999) și prof. Andrei Țugulea (*Anale/91*, p. 98). În aceeași Adunare generală s-a propus modificarea *Statutului Academiei Române* și înființarea a două noi secții (art. 5): Secția XIII – *Arte, arhitectură și audiovizual* și Secția XIV – *Știința și tehnologia informației*. În urma numărării voturilor exprimate în Adunarea generală și apoi a celor transmise prin corespondență, statutul a fost amendat (*Anale/91*, p. 124). Astfel, Academia Română devenea prima academie europeană în care se înființa o secție de *Știința și tehnologia informației*.

Totuși, la finele anului 1991, un număr de membri ai Academiei Române – acad. Mihai Drăgănescu și Dan Dascălu, Florin Gheorghe Filip, Vasile Mihai Popov, Petre Stoica și Gheorghe Tecuci, membri corespondenți – figurau încă în structura Academiei în evidențele Secției de științe tehnice (*Anale/91*, p. 257). De asemenea,

noul Premiu „Tudor Tănăsescu” al Academiei Române pe anul 1991 figura tot la acea secție.

Astăzi, patru premii ale Academiei Române, în domeniul actual al secției, poartă numele unor iluștri membri ai Academiei Române: Tudor Tănăsescu, Gheorghe Cartianu, Mihai Drăgănescu și Grigore Moisil (partajat cu Secția de Științe matematice).

Secția a început să funcționeze abia în anul următor. Astfel, prima ședință s-a desfășurat în februarie 1992, în prezența academicianului Radu Grigorovici, vicepreședinte coordonator. Au participat acad. Mihai Drăgănescu, prof. Dan Dascălu, dr. Florin Gheorghe Filip și dr. Ștefan Iancu, secretarul științific al noii secții. În Adunarea generală din 12 martie 1992, acad. Drăgănescu a afirmat (*Anale*’92, p. 9):

„La Secția XIV, Secția de știința și tehnologia informației, am fost ales președinte, dar fiind ocupat cu problemele Academiei, a fost ales vicepreședinte coordonator domnul profesor Dan Dascălu, membru corespondent”.

Pe data de 24 noiembrie 1998, academicianul Drăgănescu a definit sfera de cuprindere a Secției:

„Domeniul multidisciplinar al științei și tehnologiei care stă la baza societății informaționale și care cuprinde substratul fizic al informației, telecomunicații, calculatoare, software, sisteme informatice, informatica teoretică și teoria informației, internet, Web, automatica și teoria sistemelor precum și aplicații specifice în cele mai diverse domenii: economie, sociologie, medicina electronică, biologie informațională, filosofia informației etc.”.

DEZVOLTAREA

În ceea ce privește rolul de consacrare al Academiei Române, se poate menționa primirea unor colegi cu realizări științifice individuale remarcabile: prof. Horia Nicolai Teodorescu (1993), prof. Andrei Silard (1994), prof. Vlad Ionescu (1996), prof. Dan Tufiș (1997), dr. Gheorghe Păun (1997), dr. Mihai Mihăilă (1999), prof. Ioan Dumitrache (2003), prof. Mihail Voicu (2006), prof. Gheorghe Ștefan (2011) și prof. Dan Cristea (2015), prof. R.E. Precup (2017). Membri de onoare din țară au fost aleși: dr. Victor Toma, care a realizat, în 1957, primul calculator electronic românesc și prof. Marius Guran (2011), care a coordonat, în 1982, realizarea experimentului UNIREA, prima rețea de calculatoare cu comutare de pachete din țară. Prof. Radu Popescu-Zeletin (1997), prof. Constantin Bulucea (2001), dr. Mihail Roco (2012) au devenit membri de onoare din străinătate.

În anul 1999, prof. Alexandru Timotin și prof. Andrei Țugulea s-au transferat de la Secția de științe tehnice în Secția noastră. Ei au fost titularizați în anul 1999, iar colegii Dan Tufiș și Gheorghe Păun în 2011 și, respectiv, 2012. În anul 2018, au fost titularizați colegii I. Dumitrache și H.N. Teodorescu.

Conducerea Secției a fost asigurată de acad. M. Drăgănescu (1992–1994 și 1998–2010), acad. Dascălu (1994–1998) și acad. Filip (2010–).

În prezent, membrii secției reprezintă mai multe discipline (informatică teoretică, microelectronică, telecomunicații, automatică, sisteme informatice și calculatoare și rețele de calculatoare, inteligență artificială) și școlile de învățământ și cercetare din București, Iași și Timișoara.

Pe lângă realizările științifice individuale remarcabile, membrii Secției noastre au contribuit direct la bunul mers al activității din Academie ca instituție. Se pot menționa:

- inițiativa creării *Rețelei Naționale de Calculatoare – RNC* (în 1992), care a pus bazele unui serviciu informatic utilizat în prezent de întreaga comunitate științifică din țară. Au avut contribuții esențiale acad. Drăgănescu, acad. Țugulea și acad. Tecuci. Rețeaua a fost implementată la nivelul național de către ICI (Institutul de Cercetări în Informatică) București, condus de acad. Filip (1992) și în Academia Română de ICIA (Institutul de cercetări în Inteligența artificială și prelucrarea limbajului natural), condus de acad. Tufiș;

- activitățile celor trei comisii ale Secției: *Forumul pentru societatea informațională* (inițiat de acad. Drăgănescu, în 1997), *Informatizarea limbii române* (acad. Tufiș) și *Știința și tehnologia microsystemelor* (acad. Dascălu);

- cele trei proiecte componente ale *Strategiei Academiei Române* (Vlad, 2016) desfășurate în perioada 2015–2017, referitoare la *Educație*, *Siguranța informatică* și *Societatea cunoașterii*, conduse de academicienii I. Dumitrache, D. Tufiș și, respectiv, F.G. Filip;

- în cei 25 de ani de la înființare, Secția a dat Academiei Române un președinte – acad. Mihai Drăgănescu (1990–1994), un vicepreședinte – acad. F.G. Filip (2000–2010) și doi secretari generali – acad. Andrei Țugulea (2002–2005) și acad. Ioan Dumitrache (2018–).

Sub egida Secției sunt publicate trei reviste: *Fuzzy Systems and A.I. – Reports and Letters* (redactor-șef acad. Horia Nicolai Teodorescu), *Studies in Informatics and Control* (redactor-șef acad. Florin Gheorghe Filip) și *Romanian Journal of Information Science and Technology* (redactor-șef acad. Dan Dascălu). Revista de cultură „Curtea de la Argeș” se realizează, începând cu anul 2010, sub coordonarea acad. Gheorghe Păun.

Mai multe informații relevante pot fi găsite în [7–10].

NOTA. O versiune preliminară a acestui text a fost publicată în [6].

BIBLIOGRAFIE

1. *Analele Academiei Române*, Anul 1990, Seria V, Vol. 1, Edit. Academiei Române, București, 1993.
2. *Analele Academiei Române*, Anul 124 (1991), Seria V, Vol. II, Edit. Academiei Române, București, 1996.
3. *Analele Academiei Române*, Anul 126 (1992), Seria V, Vol. III, Edit. Academiei Române, București, 1993.
4. Rusu Dorina, *Membrii Academiei Române, 1866–2003. Dicționar*, Edit. Academiei Române, București, 2003.
5. Vlad I.-V., *Strategia de dezvoltare a României în următorii 20 de ani. Sumar executiv*, Edit. Academiei Române, București, 2016.
6. Filip F.G., *Secția „Știința și tehnologia informației” a împlinit 25 de ani*. *Academica*, An. XXVII, nr. 5–6, pp. 48–50, 2017.
7. Cojocaru Svetlana, Păun Gheorghe, Vaida Dragoș (Editors), *One Hundred Romanian Authors in Theoretical Computer Science*, Edit. Academiei Române, București, 2018.
8. Dascălu Dan (Editor), *Școala românească de micro- și nanoelectronică*, Edit. Academiei Române, București, 2018.
9. Filip F.G. (coord.), *Societatea Informațională – Societatea Cunoașterii; Soluții și strategii pentru România*. Edit. Expert, București, 2001.
10. Tufiș Dan, Filip Florin Gheorghe (coord.), *Limba română și Societatea Informațională – Societatea Cunoașterii*, Editura Expert, București, 2002.

INDICE DE NUME

A

Abiteboul, Serge 151
Abraham, Samuel 119, 120, 128, 129
Abrudean, Mihail 299, 313, 314, 339, 340, 343
Aceto, L. 146
Ackermann, Wilhelm 121, 122
Adam, Gina 55
Adleman, Leonard 134, 137, 138, 147
Agache, Mihai 36
Agrigoroaiei, Oana 157
Aiken, Howard 164
Aiordăchioaie, Dorel 326
Albu, Crișan 415, 436, 438, 440
Aldrigo, Martino 55
Alexanderson, Ernst 253
Alexandrescu-Bîrsănescu, Anca 123
Alexandru, Adriana 158, 390, 392
Alexandru, Andrei 157
Alhazov, Artiom 155
Allen, Paul 205
Altâr, Moisă 415, 416, 436, 438, 440
Alupului, Constantin 183, 185, 192, 216, 222
Aman, Bogdan, 157 159
Ampère, André 249
Andone, Ioan 429, 435
Andonie, Răzvan 151, 374
Andreicut, Mircea 373
Andrescu, Gh.Daniel 323, 340
Andrei, Ana 436, 438
Andrei, Eduard 222, 223, 283, 284, 285
Andrei, Neculai 158, 159, 299, 338, 340, 341, 350, 432
Andrei, Romulus 222, 390, 392
Andreica, Anca 158
Andreica, Mugurel 225
Anghel, C. 23
Anghel, Sandu 192, 196, 216
Anghel, Vlad 11, 35
Antal, Alexandru 199
Apetrei, Constantin 300, 306,
Apopei, Vasile XI, 352, 355, 366, 380
Apostol, Constantin-Gelu 403, 412, 424
Arefta, Marcel 199
Arghir, Nicoleta 310

Arhip, Mihai 336, 341, 350
Arhire, Romulus 429
Armstrong, Edwin Howard 253, 256
Aștefănoaiei, Lăcrimioara 157
Aștilean, Adina 315
Atanasiu, Adrian 135, 138, 159
Atanasoff, John Vincet 164, 165, 166
Athanasiu, Irina 190, 191, 192, 193, 204, 216, 221, 222, 223, 271
Avram, Andrei 58
Avram, Camelia 315
Avram, Mărioara 64
Avram, Nițchi Rodica 424, 425
Avramescu, Aurel 258, 299, 300, 302, 306, 338, 339, 442
Avramescu, Viorel 74, 78
Azzola, Bruno 170, 175

B

Babbage, Charles 162
Backus, John 202
Badea, Ioan Arsenie 306, 307
Badea, Liviu 158, 159
Badea, Nicolae 213
Baicu, Lucia 36
Bain, Alexander 256
Balaban, Gherghina 316
Baliga, J. 19
Balog, Alexandru 158, 169, 170, 212, 227, 238, 429, 430
Baltac, Vasile 305, 307
Banciu, Doina 213, 214, 285, 286, 430
Banu, Melania 61
Banu, Viorel 4, 28, 106
Bar, Florian 195
Baractari, Anatol 416
Baracu, Angela 10
Baran, Paul 269, 270
Baranga, Andrei 152
Baranyi, Peter 322
Barbu, Ioan 389
Barbu, Marian 326, 327, 329
Barbu, Tudor XI, 352, 355, 380

Bardeen, John 173, 256
 Baron, Tudor 434
 Barta, Attila 425
 Batali, Alexandru 52, 65
 Bayot, Vincent 112
 Bazzacco, D. 93
 Bäck, Thomas 121
 Bădilă, Marian 19, 35, 40, 44, 46
 Băjenaru, Filofteia 403
 Băjenescu, Titu 76
 Bălan, Andrei 74
 Bălăceanu –Stolnici, Constantin 258, 298, 431
 Bălănescu, Tudor 158
 Bălău, Andreea 317, 346
 Băluță, Constantin 310
 Bărbat, Boldur-Eugen 159, 394, 395
 Bătăgan, Lorena 427
 Bătrâna, Ioan 39, 41, 46, 212
 Bătrâneanu, Mihai 280
 Bâra, Adela 425, 426
 Bârlea, Ștefan 416
 Bârsan, Radu IX, 1, 4, 26, 31, 32, 33, 40, 46, 75, 105
 Bâscă, Octavian 143
 Băzu, Marius IX, 1, 38, 45, 46, 65, 75
 Becea, Aure, 187, 212
 Becker, Donald 206
 Bejan, Adrian 46
 Bejan, Ioan 299, 304, 314, 345
 Beldiman, Aurel 40, 44
 Belea, Constantin 299, 304, 322, 324, 325, 337, 339, 348, 349
 Beliș, Mariana 353, 354
 Bell, Alexander Graham 251, 253
 Bellemin, Louis 58
 Bellow, Alexandra 132
 Beloiu, Daniel 175
 Belța, Călin 333, 346
 Bennet, Charles H. 134
 Bența, Dan 159
 Berariu, Tudor 224
 Berbece, Constantin 181
 Bercu, Mircea 74
 Berian, Dorin 323
 Berindeanu, Radu 195
 Berners-Lee, Tim 275
 Berry, Cliff 164, 165, 166
 Berthier, Claude 112
 Bianu, Luminița 35
 Bibire-Târnuică, Cristina 136
 Bica, Anca 227, 228
 Bilciu, Constantin 416
 Bileiu, Constantin 341
 Birbauma, Andy 194
 Bistriceanu, Virgil 194
 Biță, Vasile 404, 426, 427, 429
 Black, S. Harold 253, 254, 257
 Bob, Constantin 427
 Boconcios, Rodica 436
 Bocu, Mircea 170, 171, 175
 Bodea, Mircea 9, 11, 31
 Boggs, David 271
 Boian, Al. 15
 Boian, Elena 155
 Boian, Florian 158
 Boicescu, V. 127
 Boja, Cătălin 404
 Bojan-Dragoș, Claudia-Adina 321, 369
 Bojneag, C. 328
 Boldea, Ion 320, 323
 Boldeanu, Doina 415, 436
 Boldur Lățescu, Gheorghe 416
 Bologa, Ana Ramona 426
 Bologa, Răzvan 432
 Bolun, Ion 416
 Bonchiș, Cosmin 156, 157
 Boole, George 2, 162
 Boraci, Radu 320, 322
 Borangiu, Theodor 299, 307, 308, 310, 339, 340, 341, 342
 Borcea, Ciprian 159
 Bordenca, Daniela 314
 Borne, Pierre 341, 342
 Borocan, Petre 403
 Borteș, Mircea 246
 Bostan, Cazimir 74
 Botez, Constantin 183, 185, 216, 222
 Both, Roxana 314, 344
 Botha, Iuliana 425, 426
 Botu, Alexandru 337
 Boțan, Nicolae 299
 Bozdog, H. 95
 Bozga, Grigore 390
 Brad, Remus 283
 Brad, Ștefan 427
 Bradley, A.D. 78
 Braescu, Cătălin 318
 Braittain, Walter 173
 Bran, Paul 430
 Branzilă, Bogdan XI, 383
 Bratcu, Antoneta 328
 Brattain, Walter 256
 Brădău, Florian 40, 44, 46
 Brânzei, Mariana Rodica 159
 Brânzoi, Pavel 36
 Breabăn, Anca 389
 Brezeanu, Gheorghe IX, 1, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 46, 71, 107
 Brezeanu, Mihai 74
 Brezovan, Marius 234

Brin, Sergey 205, 206, 282
 Brodeală, Alexandru 403
 Broida, Victor 296
 Brozici, Mircea 189, 216, 391
 Bruss, Alexandra 403
 Bruyneel, 93
 Buchman, Robert Andrei 417
 Buciu, Ioan 373, 381
 Budaciu, Cristina 318
 Budiștan, Nicolae 299, 300, 304, 319, 320, 322, 339
 Budu, Theodor 246
 Buiculescu, Cristina 71
 Buiu, Cătălin 139, 140, 299, 308, 339, 340
 Buiu, Octavian IX, 1, 73, 74
 Bulgacov, Riuric 186, 212, 215
 Bulgaru, Mircea 435, 439
 Bulucea, Constantin 4, 9, 23, 32, 33, 34, 39, 40, 41, 45, 46, 71, 75, 100, 101, 159, 445
 Bumbaru, Severin 246, 304, 326, 329
 Bunea, Alina 10, 55
 Buraga, Sabin 417
 Burdescu, Dumitru Dan 234, 235
 Burileanu, Corneliu 8, 9, 34, 352, 355, 359, 361, 365, 366
 Burileanu, Dragoș XI, 367
 Burlacu, Adrian 317, 318, 345, 346
 Burlibașa, Adrian 327
 Burtseva, Liudmila 155
 Bușe, Marcu 40
 Bușilă, Horațiu 246
 Bușko–Juc, Marc 154
 Bușneag, Dumitru 158
 Butnariu, Dan 368
 Buzdugan, Tudor 315
 Buzeteanu, Șerban 158
 Buznea, Dinu 212, 213

C

Calude, Cristian S. 121, 122, 132, 144, 146, 151
 Calude, Elena 146
 Campbell, George Ashley 253
 Capone, Simonetta 77
 Carabaș, Mihai 224
 Caragheorgheopol, G 95
 Caramalis, Cristina 403
 Caraman, Sergiu 326, 327, 329, 340
 Caraman, Ștefan 326, 327
 Caramihai, Mihai
 Caramihai, Simona 299, 309, 310, 339, 340
 Carp, Mihaela 59

Carpiuc, Sabin 317, 346, 347
 Cartianu, Gheorghe 80, 115, 255, 256, 260, 262, 263, 265, 306, 442, 445
 Cașcaval, Petru 232
 Catană, Ilie 307
 Catona, Ioan 416
 Caușil, Ioan, 234
 Cazacu, C. 424
 Căbuz, Cleopatra 16, 74
 Călin, Sergiu 299, 300, 303, 306, 307, 333, 339,
 Căruntu, Constantin 317, 345, 346
 Cătănescu, Vasile 91, 92, 95
 Cătuneanu, Vasile 255, 263
 Căzănescu, Virgil Emil 152, 153, 159
 Cazimir, Bogdan 158
 Câmpeanu, Cezar 151
 Cârstoiu, Dorin 309, 336, 340
 Ceangă, Emil X, 294, 299, 304, 307, 326, 327, 328, 329, 339, 340, 341
 Ceapăru, Mhai 172
 Ceapăru, Mihai 306
 Cebuc, Emil 289
 Cerf, Vinton 271, 272
 Cernea, Adrian 41
 Cernega, Daniela 328
 Cernian, Oleg 233, 234, 283
 Cernica, Ileana Viorica 32, 33, 34, 51, 63
 Ceterchi, Rodica 138, 152, 159
 Chappe, Claude 249
 Chen, Steve 287
 Cherata, Sanda 424
 Chestnut, Harold 296
 Chichernea, Virgil 388
 Chira, Camelia 159
 Chira, Dan 416
 Chirișescu, Cristian 36
 Chiriță, Nora
 Chomsky, Noam 118, 120, 122, 126–129, 131, 132, 136
 Chovet, Alain 109
 Church, Alonzo 119, 126
 Ciascai, Ioan 197
 Cicortaș, Alexandru 227
 Cigmăian, Dan 175
 Cimpoa, Valerică 40
 Cioacă, Dumitru 32, 33
 Ciobanu, Gabriel 138, 140, 157, 159
 Ciobanu, Gheorghe 416
 Ciobanu, Mircea 92, 95
 Ciobotaru, Sorin 158
 Ciocârlie, Horia 228
 Ciocea, Rodica 35
 Ciocoiu, Iulian XI, 352, 355, 372, 373
 Ciontu, Andrei 15

- Ciorăscu, Florin 246
 Ciortaș, Alexandru 169
 Cirstoiu, Cătălin 287
 Cismaș, Sorin 199, 200
 Ciubotaru, Constantin 155
 Ciubotaru, Cornel 32
 Ciubotaru, Herman 33
 Ciugudean, Mircea 227
 Ciurea, Cristian 437, 432
 Ciurea, Magdalena 81
 Ciurea, Rodica 186, 187, 212, 216
 Ciurea, Viorel 186, 187, 212, 216
 Cîrstoiu, Cătălin 224
 Cîrtoaje, Vasile 330, 331
 Clitan, Iulia 314, 343
 Coardoș, Vasile 158
 Coates, J.F. 280
 Cobianu, Cornel 4, 16, 19, 33, 34, 74, 76, 77, 78
 Cocora, Bogdan 391
 Codrean, Alexandru 323
 Codreanu, Irina 10
 Codreanu, Niță 35
 Cofman, Liliana 403
 Coifan, Viore, 227, 228
 Cojocaru, Igor 289
 Cojocaru, Svetlana 155
 Colesnicov, Alexander 155
 Colmerauer, Alain 202
 Coloja, Rada 227, 228
 Coloși, Tiberiu X
 Coloși, Tiberiu X, 294, 299, 312, 313, 315, 316, 339, 340, 343
 Coman, Silviu 273
 Condrea, Sergiu 255, 260, 262, 265
 Condriuc, Liviu 33
 Conrad, Michael 134
 Constantin, Cristian 36
 Constantin, F. 91
 Constantin, Ion 260, 263
 Constantin, Marin 299, 307, 325, 340
 Constantin, Nicolae 309
 Constantinescu, Călin 216
 Constantinescu, Cristian 310
 Constantinescu, Gheorghe 32, 39
 Constantinescu, Ion (Iancu) 252, 255, 260, 261, 265
 Constantinescu, Ion 41
 Constantinescu, N.N. 443
 Constantinescu, Paul 123, 246
 Constantinescu, Valeriu 16
 Cook, J.D. 78
 Cooke, William 249
 Coolidge, D. William 253
 Copoț, Cosmin 317, 346
 Corey, R. 256
 Coroi, Mariana 123
 Corpadea, Mircea 175
 Cosmin, Dan 393
 Cosmin, Peter 34, 35
 Cososchi, Victor 183, 185, 192, 201, 216, 222
 Costache, Nicolae 245, 246, 387, 395
 Costan, Alexandru 224, 287
 Costăș, Ilie 416
 Costea, Ioan 9, 14, 15
 Costea, Ștefan 74
 Costea, Viorel, 176
 Costică, Marian 216
 Costin, Hariton XI, 352, 355, 376
 Costinescu, Bogdan 223
 Costoae, Nicolae 331
 Cotelea, Vitalie 416
 Creoșteanu, Andreea 36
 Crețu, Vladimir 226, 229
 Cristea, Dan XI, 159, 352, 355, 357, 358, 359, 360, 363, 364, 365, 445
 Cristea, Dana 52, 53, 60
 Cristea, Paul 278, 280
 Cristea, Valentin 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 271, 287, 288, 430
 Cristoloveanu, Sorin 4, 72, 96
 Crișan, Ovidiu 320
 Crișan, Ruben 315
 Croitoru, Cornelius 157
 Croitoru, Victor X
 Cserveny, Ștefan 21
 Csuhaj-Varjú, Erzsebet 135, 136
 Cuibuș, Ovidiu 315
 Cupcea, Nicolae 222, 223, 225
 Curteanu, Neculai 157
 Curteanu, Silvia 370.
 Curtescu, Alexandru 216
 Cutululis, Nicolaos 328
 Czeides, Silvia 35
 Czeizler, Eugen 148, 151
 Czibula, Gabriela 158
 Czibula, Istvan 158
- D**
- Dan, Ana Maria 323
 Dan, Claudius 11
 Dan, Petru Alexandru 1, 9, 15, 16, 19, 25, 26, 28, 107
 DANCEA, Ioan 230, 316, 424
 Danciu, Daniela 326
 Danielopolu, Daniel 257, 298
 Darie, Viorel 235, 441
 Dascălu, Dan IX, 1, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 31, 37, 42, 49, 56, 57,

- 58, 59, 66, 67, 70, 73, 77, 86, 107, 159,
224, 225, 442, 444, 445
- Dascălu, Sergiu 333
- Dassow, Jürgen 128, 135, 136, 138
- Datculescu-Vais, Mihai Șerban 44
- David, D. 389
- David, Radu–Codruț 159, 369
- Davidoviciu, Adrian XI, 213, 387, 388, 390,
393, 395, 399
- Davies, Donald 269, 270
- Davis, Martin 119
- Dădărlat, Vasile 230
- Dănilă, Theodor 223, 225
- De Forest, Lee 253
- Deaconescu, Răzvan, 224
- Deatcu, Eugen 395
- Decsov, Eduard 195
- Delibaltov, Adriana 32
- Demaine, Erik 144
- Derveșteanu, Liviu 197
- Derveșteanu, Sanda 424
- Diaconescu, Denisa 127
- Diaconescu, Gabriel 416
- Diaconescu, Răzvan 152, 153, 159
- Diaconița, Vlad 425, 426
- Diaconu, Cristian 74
- Didiv, Doina 26, 30
- Dill, Frederick 100
- Dima, C. 16
- Dima, Doina 35
- Dima, Gabriela–Eugenia 159
- Dimitrie, Toma 246
- Dimitriu, C. 221
- Dimitriu, Ioan 389, 395
- Dimo, Petre 172, 221, 271, 306, 399
- Dincă, Alexandru 158
- Dincă, Cristian 36
- Dinculescu, Constantin 306
- Dinescu, Adrian 44, 56, 57, 61, 62, 67, 73, 78
- Dinneen, M.J. 146
- Dinu, Dumitru 186, 187, 212, 216
- Dinu, Gheorghe 223, 283, 288, 289
- Dinu, Liviu P. 158, 159
- Diosan, Laura 158
- Djeraba, C. 150
- Dobra, Mirela 314
- Dobra, Petru 299, 314, 340, 343
- Dobre, Ciprian 158, 224, 225, 226, 287
- Dobre, Ion 436
- Dobrea, Dan Marius 233
- Dobrescu, D.N. 395
- Dobrescu, Dragoș IX, 1, 23
- Dobrescu, Lidia 34
- Dobrescu, Radu 159, 299, 307, 309, 310, 340,
341, 342
- Dobrică, Liliana 310
- Dobrovie, Eugen 196, 201, 216
- Dodescu, Gheorghe 427
- Dogaru, Liana 272
- Dogaru, Radu 370, 372
- Doicaru, Vladimir 9
- Domocoș, Tudorel 192, 196, 215, 216, 226
- Domokoș, Erika 123
- Donciulescu, Dan 394, 427, 432
- Dorsey, Jack 287
- Dragoman, D. 79
- Dragoman, Mircea 4, 5, 54, 55, 65, 67, 79
- Dragomir, Ciprian 142
- Dragomir, Radu Alexandru 9, 14
- Dragomir, Toma Leonida 294, 299, 320, 323,
339, 340
- Dragomirescu, Horațiu 289, 432
- Drăgan, Irinel 157
- Drăgănescu, Mihai IX, 7, 8, 9, 12, 13, 14, 18,
20, 21, 30, 37, 38, 39, 46, 47, 49, 50,
82, 100, 105, 106, 116, 159, 194, 213,
214, 245, 246, 254, 255, 257, 258, 263,
265, 285, 337, 338, 341, 354, 357, 366,
374, 375, 442, 443, 444, 445, 446
- Drăghicescu, Gabriel 183, 185, 192, 216, 222
- Drăghici, Florin 36
- Drăghici, Ioan 9
- Drăghici, Margareta 423
- Droașcă, Bogdan 307, 310
- Dugan, V. 328
- Dulf, Eva 314, 344
- Duma, Radu 314, 343
- Dumirescu, R. 91
- Dumitrache, Ioan IX, 159, 225, 235, 294, 299,
305, 306, 307, 308, 309, 312, 324, 330,
332, 335, 336, 339, 340, 341, 342, 349,
350, 351, 363, 394, 395, 369, 445, 446,
430
- Dumitran, Marius 136
- Dumitrașcu, Alexandru 309
- Dumitrașcu, Ion 274
- Dumitrescu, Bogdan 309, 340
- Dumitrescu, Dumitru 143, 158, 159
- Dumitrescu, Dumitru Dan 371, 377
- Dumitrescu, Emil 440
- Dumitrescu, Ioan 330
- Dumitrescu, Stelian 330, 331
- Dumitriu, N. 260
- Dumitriu, Silviu 307
- Dumitru, Florin 435
- Dumitru, Mitică 390, 392
- Dumitru, Petrică 225
- Dumitru, Vincențiu 246
- Dumitru, Viorel 74
- Dușa, Mircea 5, 32, 34, 44, 75, 102

Duță, Doru Lucian 429
Duță, Luminița 330
Dzițac, Ioan 159, 312, 349, 351, 384

E

Eckert, J. Presper 166, 167
Edison, Thomas 251, 252, 253
Ehrenfeucht, Andrzej 130, 131, 148
Eleș, Petru 228
Enăchescu, Călin 283, 284
Enăchescu, Denis 376
Enyedi, Andrei 424
Eriomenko, Xenia 417
Evanghelisti, G. 296

F

Fabian, Csaba 416
Faggin, Federico 182
Farcaș, Dan D. 156, 169, 227
Farkas, Gheorghe 170
Farnsworth, T. Philo 255
Faur, Constantin 246
Făgărășan, Ioana 310
Fătu, Ion 225
Fătu, Tudorel 404
Fejer, Peter 149
Ferariu, Lavinia 318, 370
Feraru, Monica 366
Fessenden, Reginald 253
Feștilă, Clement 299, 314, 340
Fetecău, G. 326
Feynman, Richard 134
Field Cyrus, 251
Fildan, Mircea 169, 227
Filip, Florin Gheorghe X, XII, 159, 213, 214,
267, 276, 277, 278, 285, 289, 292, 299,
305, 311, 312, 332, 338, 339, 340, 341,
342, 349, 350, 351, 394, 395, 427, 430,
432, 442, 444, 445, 446
Filip, Ioan 322
Filipescu, Adrian 299, 327, 328
Filipoiu, A. 127
Filo, David, 281
Filotti, Ioan 246
Finichiu, Sori, 199
Fleming, John Ambrose 165, 252
Florea, Adina Magda 224 225, 377
Florea, Alexandra 426
Florea, Andrei George 139, 140
Florea, Mircea 186, 212, 215

Florea, Simion 246, 299, 303, 304, 306, 307,
308, 311, 335, 339, 350

Flores, Ivan 400
Florescu, Gabriela 158
Florescu, Grigore 390, 392
Florescu, Teodor 186, 187, 212, 215
Florescu, Vasile 423
Florian, Răzvan 373
Flowers, Tommy 165
Floyd, Robert W. 120, 127, 128
Focșeneanu, Grigore 436
Fodor, Jerry 322
Folea, Silviu 314, 343, 344
Forest, Lee de 165
Fortnow, Lace 144
Fotache, Marin 404, 435
Francisc, Iacob 195, 196, 216, 222, 246
Frangu, Lurențiu 326
Frankenfeld, Cornel 310
Frențiu, Militon 158
Freund, Rudolf 147
Frisco, Pierluigi 140, 142
Frunzescu, Dan 403
Frustok, St. 393
Furtunescu, Alexandru 228
Futatsugi, K. 153

G

Gabor, Dennis 258
Gaidric, Constantin 155
Gal, Sorin 370
Galatus, Ramona 313
Galupa, Angela 438
Gammon, P.M. 19
Ganciu, T. 337
Gasarch, Bill 144
Gașpar, Ladislau 429
Gates, Bill, 205
Gauss, Carl Friedrich 122
Gavăt, Inge XI, 355
Gavrea, Bogdan 313
Gavrea, Ion 313
Gavrilescu, Gavril 169, 227
Gavrilov, M.A. 119, 122
Gayraud, Andrei 183, 185, 216, 222
Găburici, Vasile 308
Găiseanu, Florin 22,
Gălățeanu, Lucian 45
Gâdea, Doina 307
Gâlea, Dan 232, 380, 383
Gârbea, Marius 222
Gârlașu, Dan 224
Geambașu, Ioan 305, 307, 337

- Geantă, Virgil 186, 187, 212, 215
Georgescu, George 122, 127
Georgescu, Gianina 138
Georgescu, Horia 424
Georgescu, Ion 74, 78
Georgescu, Irina Alexandra 159
Georgescu, Mihai 45
Georgescu, Sorin 35
Georgescu, Tiberiu 426
Gertrude, Denise 403
Gheorghe, Marian 140, 142, 149
Gheorghiu, Constantin 41
Gheorghiu, Dan 184, 216
Gheorghiu, S. Ion 306
Ghilic-Micu, Bogdan 404, 426, 427
Ghișoiu, Nicolae 424, 429, 435
Giangu, Ioana 55, 58
Giannazzo, F. 19
Gilles, Hans Dieter 332
Ginsburg, Seymour 120, 151
Giumale, Cristian 194, 222, 223, 225
Giurcea, Emil 255
Giurgiu, Mircea 362, 367
Glodeanu, Mariana 403
Godonoagă, Anatol 416
Goguen, Joseph 153
Goldstein, H. 83
Goleșteanu, Dan Petre 272, 273
Gologanu, Mihai 74
Goloșoiu, L. 427
Gontineac, Mihai 157
Goraș, Liviu 372, 373
Gorgan, Dorian 230
Goron, Sabin 423
Goron-Bercovici, Irina 143
Gorunescu, Florin 370, 373, 379
Gosling, James 202
Gozner, Ștefan 40, 46
Grama, Grigore 429
Gramatovici, Radu 158, 159
Gratie, Cristin 148
Grădinaru, Gheorghe 44
Grigoraș, Gheorghe 157
Grigoraș, Costin 224, 287
Grigoraș, Florin 366
Grigore, Elena 403
Grigorovici, Radu 47, 445
Grove, A.S. 100
Grove, Andrew 101
Groza, Bogdan 323
Groza, Voicu 227, 228
Grozăvescu, Marcel 273, 274, 275
Gruiescu, Mircea 389
Guiman, Sorin 186, 187, 212, 216
Gunter, Edmund 162
Gunter, Elsa L. 154
Guran, D.E. 78
Guran, Dana 74
Guran, Marius 9, 159, 213, 214, 235, 271, 273, 445, 394, 432
Gurău, Ervin 32
Gyorodi, Cornelia 426
- H**
- Haggerty, E. Patrick 256
Haiduc, Ionel 56
Hammer, Peter 119, 121
Hamming, W. Richard 259
Hannes, Stein 175, 176
Hansgeorg, Wagner Bernd 199
Harju, Tero 148
Hartley, V.L. Ralph 258
Hartmanis, Juris 120, 138
Hartmann, Iosif 169, 227
Hartulari, Carmen 416, 436, 438
Hălmăgeanu, Eugenia 29
Hângănuț, Marius 230, 299, 304, 312, 316, 337, 339, 423
Hărtescu, Florin 158, 390, 392
Hâncu, Marius 204
Head, Thomas 134, 137, 138
Hemaspandra, Lane 151
Hera, Cristian 222
Herișanu, Alexandru 224, 287
Herle, Sorin 314
Hertz, Heinrich 252
Herțeliu, Claudiu 441
Hilbert, David 119, 121
Hirtu, Constantin 403, 415, 436
Hoff, Ted 182
Hohan, Ion 310
Holban, Stefan 227, 228
Holbrook, D. Bernard 259
Holcombe, Mike 158
Hollerith, Herman 163
Hopper, Grace Murray 202
Horvatić, Mladen 112
Hossu, Andrei 310
Hossu, Daniela 310
Howard, William 100
Hrin, Mircea 274
Hrin, Rodica Gabriela 213
Huffman, A.D. 123
Hulea, Mihai 314
Hull, Richard 151
Huluță, Doina 429
Hurley, Chad 287
Hurmuzescu, Dragomir 254, 255, 265

Hussein, Ali Muheidli 9
Huțanu, Corneliu 232

I

Iacob, Horia 11
Iacob, Radu 35
Iancu, Bogdan 427
Iancu, Ștefan 445
Ibanez, Francisco 58
Iftode, Liviu 223
Ignat, Călin 157
Ignat, Iosif 230, 231
Ignatius, D. 146
Ilie, Costăș 416
Ilie, Lucian 138, 149
Ilie, Romeo 390
Iliescu, Sergiu Stelian 190, 310, 339, 340, 342
Ilin, Tiberiu 195
Ioanin, Gheorghe 123
Ionescu, Adrian 3, 19
Ionescu, Armand Mihai 136, 140, 141
Ionescu, Bogdan 380
Ionescu, Clara 333, 343, 344
Ionescu, Codrin 429
Ionescu, Constantin 429, 434, 435
Ionescu, Florin 341, 342
Ionescu, Gabriel 299, 306, 307, 308, 310
Ionescu, Traian 299, 307, 309, 336
Ionescu, Vasile 429, 434
Ionescu, Vlad 299, 305, 306, 307, 308, 309, 339, 342, 445
Ioniță, Anca 310
Iordache, Dan Alexandru 159
Iordan, Criscov 337
Iordănescu, Sergiu 41, 46, 54
Iorga, Valeriu 222, 223, 336
Iorgulescu, Afrodita 118, 122, 127, 435
Iorgulescu, Elena 35
Iosif, Nicolae Mihai 9
Ipate, Florentin 142, 158, 425
Irimescu, Radu 223, 225
Istrail, Sorin 146, 157
Istrate, Gabriel 156
Ivan, Ion XI, 397, 404, 406, 409, 414, 416, 424
Ivan, Mircea 306, 313
Ivanciuc, Ovidiu 373
Ivanov, Sergiu 155
Ivănescu, Mircea 299, 307, 325, 339, 340, 341, 348
Ivănescu, Nick 310
Izbașa, Cornel 157

J

Jain, S. 146
Jansky, Karl Guthe 256
Jebelean, Tudor 156
Jecan, Sergiu 424
Jelea, Șerban 32
Jensen, R. 296
Jian, Ionel 227, 228
Jitaru, Mihai 423
Jitcă, Doina 366
Jobs, Steve 183, 205
Johnson, Harwick 259
Jora, Boris 307, 309
Joshi, A.K. 128
Joung, Leo 256
Jucan, Toader 157, 424
Juhasz, Iolanda 170, 175
Juravle, Călin 157
Jurca, Ioan 229, 283, 284

K

Kahn, Robert 271, 272, 280
Kalisz, Eugenia 222, 223, 224
Kalmar, Laszlo 126
Kanhaiya, K. 148
Karagiannis, Dimitris 417
Karhumaki, Juhani 148
Kari, Lila 122, 136, 138, 147
Karim, Jawed 287
Kaslik, Eva 373
Kaszoni, Francisc 246
Katehi, Linda 54
Kaufmann, Arnold 353, 355
Kaufmann, Iosif 169, 227
Keinan, Ehud 142
Kelemen, Arpad 315
Kelemen, Jozef 136
Kemeny, John 202
Kevorkian, Cristian 158
Khoussainov, Bakhadyr 146
Kilby, Jack 177, 259
Kildall, Garry 182
Kirchhoff, G.R. 95
Klarsfeld, Gabriela 123
Kleene, Stephen C. 119, 126
Kleinrock, Leonard 269
Klepș, Irina 55, 56, 80
Kloetzer, Marius 318, 346, 370
Knuth, E. David 399
Kok, Joost N. 121
Konteschweller, Mihai 255
Kopacek, Peter 340

Korodi, Adrian 323
Korondi, Peter 322
Kovacs, Levente 321
Krasovski, A.A. 324
Krishna, Shankara N. 139
Krithivasan, Kamala 138
Kurtz, Thomas 202
Kusko, Cristian 59
Kusko, Mihaela 55, 56, 58, 61, 81

L

Lacra, Pavel 334
Lacurezeanu, Rodica 424, 425
Laiber, V. 389
Lampson, Butler 271
Landweber, Laura 148
Langmuir, Irving 253
Laslău-Popescu, Stela 175
Laza, Miron 390, 392
Lazăr, Anca 246
Lazăr, Corneliu 232, 299, 317, 340, 345, 346, 347
Lazăr, Dorina 435
Lazăr, Ioan Sandu 387, 388, 395
Lazăr, Mircea 319, 334, 346
Lazea, Gheorghe 299, 312, 313, 314
Lazea, Traian 429
Lăpădatu, Daniel 6, 16, 113
Lăzăroiu, Felician 307
Leancu, Raluca 32
Leca, Victor 59
Lefticaru, Rodica 158
Legrand, Iosif 224, 288
Leibniz, Gottfried Wilhelm 162
Leon, Florin 373
Leordeanu, Marius 159, 226
Leoreanu-Fotea, Violeta 159
Lepădatu, Octavian 403
Letov, Alexander 296,
Leția, Ioan, Alfred 229, 230, 231
Leția, S. Tiberiu 315
Leuștean, Ioana 127, 159, 376
Leuștean, Laurențiu 127, 154
Levi-Strauss, Claude 133
Li, W. 146
Licklider, J.C.R. 269
Ligor, Octavian 59
Lindenmayer, Aristid 118, 120
Livovschi, Leon 122, 123
Lovenfeld, William 169, 227
Luban, Florica 416
Lucanu, Dorel 157, 159
Luchian, Henri 157

Lulea, Constantin 123
Lung, Rodica Ioana 159
Lungu, Ion 424, 425, 426
Lupu, Ciprian 309
Lupu, Eugen 197

M

Macri, Gh. 277
Maftei, Eugen 425
Magariu, Galina 155
Magda, Radu 390, 392, 393, 395, 429
Mahulea, Cristian 318, 319, 334, 345, 346
Maican, Sanda 188
Maior, Augustin Sabiniu 253, 255, 265
Malița, Mihaela 138
Manca, Vincenzo 138, 142
Mancaș, Dan 233, 283, 289
Manea, Florin 136
Manea, Nicolae 187, 212, 403, 436
Manole, Mihaela 425
Manolescu, (Popescu) Anca Manuela IX, 1, 9, 10, 11, 12, 20, 31, 34
Manolescu, Anton 9, 11, 12, 31, 34
Manolescu, Mișu Jan 312, 349, 351
Manta, Vasile Ion 232
Manu, Mitică 310
Marconi, Guglielmo 252, 254
Marcu, Cosmin 314
Marcu, Daniel 159, 353, 356, 357, 362, 365
Marcu, Ion 429
Marcus, Solomon IX, 117–122, 125, 129, 130–134, 136, 138, 143, 145, 146, 149–151, 158, 160, 353, 362, 365
Margenstern, Maurice 155
Marian, Cornel 389
Marian, Gheorghe 216, 233, 234
Marin, Dumitru 435, 436, 437, 438, 439
Marin, Gheorghe 186, 189, 212, 215, 216
Marin, Nicolae 9, 14, 15, 16
Marinescu, Alexandru Viorel 214
Marinescu, D. 221
Marinescu, Matei 255
Marinescu, Nicolae 263
Marinescu, R. 34
Marinescu, Valerie 427
Marinoiu, Vasile 299, 304, 330, 331, 332
Marinov, Corneliu 372
Martinez-del-Amor, Miguel A. 142
Martin-Vide, Carlos 133, 136
Martoiu, Sorin 95
Masalagiu, Cristian 157
Matcovschi, Mihaela 317, 319, 345, 346, 347
Mateescu, Adelaida 47, 260, 265

Mateescu, Alexandru 138, 143, 144, 152
 Mateescu, Gabriel 187
 Mauchly, John 166, 167
 Maxim, Adrian, 199
 Maxwell, James Clerk 252
 Mayr, C. Heinrich 417
 Mazor, Stan 182
 Mănescu, Manea 416, 428, 433, 434, 435, 437, 438, 439
 Mărășescu, A. 427
 Mărgărint, Mihai 222
 Mărușter, Ștefan 156
 Mânduțeanu, Cornel George 9, 29
 Mânzu, Viorel 299, 328
 McCarthy, John 202
 McCulloch, W.S. 120
 Mealy, G.H. 123
 Megheșan, Victor 169, 212
 Mehedinți, Simion 160
 Meiltz, G. 90
 Meissner, Alexander 253
 Melinte, Sorin 3, 65, 12
 Merezeanu, Dan 310
 Merrill, Thomas 270
 Mesarovic, D. Mihajlo 296
 Metakides, George 285, 286
 Metcalfe, Bob 271
 Meyer, Albert 146
 Micea, Mihai 226
 Miclea, Liviu 313, 315, 343
 Mihaescu, Ion 227
 Mihai, Jana 403
 Mihai, Ligia 34, 35
 Mihai, Nelu 91
 Mihalache, Valeria 138, 151
 Mihalca, Dan 390, 393, 395
 Mihalcea, Rada 159, 364
 Mihalyi, Margareta 436
 Mihăilă, Mihai 9, 40, 74, 78, 82, 159
 Mihăilă, Viorel 390, 392
 Mihăileanu, Călin 306
 Mihnea, Andrei 14, 15, 41
 Mihoc, Dan 306
 Miholcă, Constantin 326
 Mihiu, Ioana 307, 309
 Mihiu, Traian 192, 196, 201, 215, 216, 305
 Mihulecea, Corneliu 305
 Mișuț, Ion 9
 Millea, Aurel IX, 1, 14
 Millea, Nona 40
 Milner, Robin 157
 Milo, Tova 151
 Miner, Rich 204
 Minges, Roland 319
 Mirancea, Adrian 36
 Mircea, Andrei 8, 114–116
 Mirea, Letitia 370
 Mirea, Nicolae 306
 Mireșteanu, Ionica 51
 Miron, Radu 315
 Misdolea, Tudor
 Mitescu, Emil 246
 Mitran, Traian 434
 Mitrana, Victor 133, 135, 136, 138
 Mitrov, Mircu 175
 Mitu, Florin 19
 Miu, Ion 235, 441
 Mînză, Viorel 327, 328, 340
 Mițu, Bogdan 375
 Moagăr-Poladian, Gabriel 70, 83
 Mocanu, Adrian 36
 Mocanu, Gabriela 313
 Mocanu, Mariana 220, 225
 Mocanu, Ștefan 310
 Moceanu, Loredana 424
 Mocuța, C. 223
 Moga, Daniel 299, 313, 339, 340, 343
 Moga, Rozica 313, 343
 Mogoș, Andrei 224
 Mois, George 314, 343, 344
 Moisa, Trandafir 181, 183, 184, 185, 190, 191, 192, 193, 216, 221, 222, 225, 276, 280
 Moise, Adrian 332
 Moisescu, Mihnea 309
 Moisil, George 47
 Moisil, Grigore IX, 117–119, 121–128, 132, 145, 151, 156, 160, 162, 163, 299, 300, 301, 306, 338, 351, 352, 353, 365, 368, 410, 413, 430, 442, 445
 Moisil, Ioana 158
 Moldovan, Carmen Aura 10, 70, 84
 Moldovan, Cornel 217
 Moldovan, Gligor 157, 158
 Moldovan, Ioan 423
 Moldoveanu, Alin 225
 Moldoveanu, Florica 222, 225
 Moldoveanu, Ion 123
 Moldoveanu, Lidia 424
 Molea, M. 91
 Momeo, Francisc 246
 Moore, Gordon 1, 177
 Moraru, Florian 222, 399
 Morse, Samuel Finley 250, 251
 Morun, Cezar 198, 228
 Moscovici, Emil 416
 Mossakovski, T. 153
 Mucheci, Petra 403
 Müller, Alexandru 1, 3, 6, 16, 52, 53, 54, 58, 60, 70, 85
 Müller, Alexandru IX

Müller, Andrei 10
Muller, Gerd 296
Müller, Raluca IX, 1, 44, 58, 59, 67, 71, 86
Muntean, Emil 170, 175, 176
Muntean, I. Mihaela 404, 407, 426
Muntean, Ionuț 314, 328, 343
Muntean, Nicolae 322
Muntean, Traian 223, 281
Munteanu, Emil 430
Munteanu, Florian 307
Munteanu, Florin 212
Munteanu, I. 81
Munteanu, Ionel 169, 227
Munteanu, Patrița 35
Munteanu, Stelian Mihai 313
Munțiu, Elena 32, 33, 34
Muraru, Adrian 224, 287
Muratcea, Melia 394, 432
Mureșan, Claudia 127
Mureșan, Cristina 314, 343, 344
Mureșan, Ioan 320
Mureșan, Raul 373
Mureșan, Tiberiu 320
Mureșan, Tudor 175
Mureșan, Vlad 314, 343
Mustăță, Floare 435
Mustățea, Ștefan 429
Mușat, Lucian 224, 287
Mușat, Nely 425
Mușteanu, Mihai 175
Mylopoulos, John 417
Naforniță, Ioan 227

N

Nan, Stelian 44
Nanasi, Constantin 176, 228
Nanu, Sorin 320, 323
Napier, John 162
Nașcu, Ioan 315, 343, 344
Naur, Peter 128
Năstase, Floarea 427
Năstase, Pavel 430
Năstase, Vivi 364
Neagoe, Otilia 35
Neagu, Gabriel 158, 285, 286, 289
Nechită, Elena 417
Necoară, Ion 159, 309, 340
Necșulea, Anton 255
Necula, Alexandru 305
Necula, Mariana 222
Neculai, Andrei 299, 339, 341
Neculoiu, Dan 6, 11, 16, 17, 54
Nedelcu, Oana 10

Nedevschi, Sergiu 229, 230, 231, 381
Negoiță, Constantin V. 353, 416, 432, 437
Negrescu, Ion 40
Negrescu, Liviu 170, 175, 176
Negru, O. 424
Negru, Viorel 156, 371
Neguț, Alina 36
Nelepcu, Grigore 305, 337
Nemeș, Aurel 390, 395
Neniță, Eugen 306
Neumann, Von 164, 194
Newman, Harvey 224, 270, 288
Newman, Maxwell 165
Nguyen, Xuan My 131
Nica, Lucian 246
Nica, Petre 403
Nica, Vasile 435, 436
Nichita, C. 326, 327
Nicolae, Andrei 338, 340
Nicolae, Ion 403
Nicolau, Edmond 47, 236, 246, 255, 258, 265, 353, 365, 431, 439
Nicolescu, Miron 125, 175
Nicolescu, Radu 151
Niculescu, A. 350
Niculescu, Claudiu 246
Niculescu, Dragoș 225
Niculescu, Mizil Eugeniu 341
Niculescu, Silviu 333
Niculescu, Stelian 123
Niculescu-Mott, Claudiu 387, 388
Niinisto, Lauri 77
Nikolov, Ivan 435
Nisipeanu, Lavinia 436
Nița, Mariana 187
Nițchi, Ștefan 175, 176, 403, 404, 429
Nîtu, Costică 299, 309, 335, 336, 340
Nițulescu, Dacian 189
Novacki, P.J. 296
Novăcescu, Constantin 195
Noyce, Robert 177

O

Oancea, Dan 216
Oancea, Eugeniu 359, 365
Oanea, M. 34
Oară, Cristian 299, 308, 309, 340, 342
Oatu, Mircea 183, 216
Obreja, Alexandru Cosmin 66
Odăgescu, Ioan 423
Odobleja, Ștefan 257, 265, 298, 341, 416, 442
Oersted, Cristian 249
Oftez, Laurențiu 183, 185, 192, 216, 222

Ogihara, Mitsunori 156
 Olariu, Nicolae 310
 Olaru, Andrei, 224
 Oldenbourgher, Rufus 296
 Oldham, William G. 100
 Oliver, M. Bernard 259
 Olteanu, Dănuț 39, 40, 44
 Olteanu, Gheorghe 186, 187, 212, 216
 Onete, Bogdan 427
 Onulescu, Lucian 273
 Oprea, Dumitru 425, 426, 429
 Oprea, Ilie 169, 227
 Oprea, Mihaela 330, 331
 Oprean, Dumitru 424
 Oprescu, Gheorghe 434, 435
 Opriș, Ioan 373
 Oprișan, Maria Mimi Doina 403
 Orășan, Constantin 364
 Orășanu, Laurențiu 394, 437
 Orbeanu, Valeriu 273
 Orellana–Martin, David 142
 Orman, Gabriel 158
 Oswald, Marion 147
 Otto, Friedrich 131

P

Pachiu, Cristina 59
 Page, Larry 205, 206
 Page, Lary 282
 Paiu, Octavian 427
 Palade, Doru Dumitru 41, 49
 Pană, Dora 158
 Panduru, Marius 403
 Pankove, Jacque 100
 Pantelimonescu, Florin Gheorghe 233
 Papadache, Ilie 300, 306
 Papadopol, Vasile 273
 Paraschiv, Nicolae X, 294, 299
 Pascal, Blaise 162, 228
 Pascal, Carlos 318, 346
 Pascovici, Gheorghe IX, 1, 88, 95
 Pascu, Doru 429
 Pascu, Răzvan 10
 Patriciu, Victor Valeriu 430
 Patrubány, Miklós 197
 Pavel, Laura 36
 Pavelescu, Cristian 77
 Pavelescu, Emil Mihai 59
 Pavelescu, Ioan 43, 74
 Pawlak, Zdzislaw 134, 135
 Păiuș, Cornel 389
 Pănescu, Doru 318, 345, 346, 370
 Păsoi, Constantin 36

Păstrăvanu, Octavian 299, 317, 318, 319, 339,
 340, 341, 345, 346, 347, 370, 372
 Pătrașcu, Dinu 35
 Pătrașcu, Mihai 144, 145
 Pătrășcioiu, Cristian 330, 331
 Pătru, Mircea 175
 Păun, Andrei 138, 140, 141, 159
 Păun, Aurel 194
 Păun, Gheorghe IX, 117, 122, 128–130, 133,
 136–141, 144, 147, 159, 160, 369, 373,
 445, 430
 Păun, Mihaela 138
 Păun, Mihai 438, 440
 Păun, Radu 141
 Păunescu, Florin 213, 272
 Păvăloi, Ion 366
 Pârv, Bazil 158
 Pârvan, Cristian 389
 Pederson, Donald 100
 Pelaghe, Margareta 403
 Penescu, Corneliu 258, 299, 300, 303, 306,
 307, 311, 338, 339, 342, 350, 443
 Pérez-Jiménez, Mario J. 140, 142
 Pescaru, Valeriu 416, 427, 429, 434
 Petcu, Dana 156, 289, 371
 Petcu, M. 95
 Petcut, Flavius 323
 Peteanu, Vasile 423, 430
 Péter, Rozsa 122, 126
 Petrașcu, Emil 255
 Petre, Emil 299, 326
 Petre, Ion 148, 159
 Petrescu, Adrian 172, 181, 183, 185, 190, 191,
 192, 193, 195, 196, 216, 220, 221, 222,
 225, 237, 307, 399
 Petrescu, Cătălin 309
 Petrescu, Marian XI, 352, 354, 383
 Petrescu, Mircea 220, 221, 222, 223, 225, 233,
 245, 246, 332
 Petrescu, Șerban 222, 225
 Petreuş, Dorin 313
 Petrică, Dorina 323
 Petrini, Ioana 54
 Petriu, Emil 159, 227, 322
 Petroianu, Cătălin 36
 Petrovici, Mihai 92
 Petru, Dan IX
 Petru, Mihai 228, 232
 Phister Jr., M. 123
 Pierce, R. John 259
 Pietraru, Radu 310
 Pilat, Florin 429
 Pintilie, Lucian 5
 Pitt, W.H. 120

- Platek, Martin 131
 Poca, Dezideriu 246
 Pocatilu, Paul 409, 427
 Poenaru, Ilie 35
 Pompidou, Alain 58
 Pop, Florin 158, 224, 225, 226, 287
 Pop, Horia 158, 377, 378
 Pop, Mircea 198, 199, 228
 Pop, Vasile 227
 Popa, Bianca 140
 Popa, Cosmin 11
 Popa, Eugen 28, 30
 Popa, Ioan 262
 Popa, Iulian 272, 273, 276, 277, 278
 Popa, Marius 427
 Popa, Mircea 198, 228
 Popa, Ovidiu 77
 Popa, Radu Cristian 56, 59, 62, 65, 67
 Popcea, Corneliu 307, 309
 Popescu, Alexandru 306
 Popescu, Andrei 154
 Popescu, Cristian 183, 216, 429
 Popescu, D. 188
 Popescu, Damian, 276
 Popescu, Dan 310, 325, 340, 342
 Popescu, Dan Silvestru 9
 Popescu, Decebal 213, 348
 Popescu, Dorina 323
 Popescu, Dumitru 299, 308, 309, 340, 341, 342
 Popescu, George Pantelimon 225
 Popescu, Ion M 47, 341
 Popescu, Ovidiu 44
 Popescu, Stelian 306
 Popescu, Theodor Dan 158, 390, 394
 Popescu, Tiberiu 222, 225
 Popescu-Zeletin, Radu 159, 445
 Popov, Vasile Mihai 159, 299, 301, 302, 309, 319, 324, 325, 338, 339, 342, 442, 443
 Popovici, Alexandru 431
 Popovici, Constantin 123, 143
 Popovici, Doina 390, 392
 Popovici, Nicolae 223, 275, 276, 278, 279, 280, 282, 283
 Popovici, Tiberiu 442
 Popovici, Volker 227
 Popoviciu, Tiberiu 170
 Pospelov, Germogen Sergeevich 324
 Post, Emil 119
 Postelnicu, Paul 257, 258, 265, 298
 Postolache, Constantin 22, 39, 43, 101
 Potolea, Rodica 229, 230, 231
 Poulsen, Valdemar 252, 259
 Pouzin, Louis, 271
 Praisler, Mirelei 374
 Precup, Radu-Emil XI, 159, 197, 299, 320, 321, 322, 340, 341, 352, 355, 368, 369, 371, 373, 445
 Preda, Alexandru 183, 216
 Predoiu, Aristide 305, 337
 Predoiu, Dan 432
 Preitl, Ștefan 159, 229, 299, 320, 322, 369, 371
 Preitl, Zsuzsa 321
 Preotu, Eugen 218
 Prescott, David M. 148
 Pribeanu, Cristian 158
 Prisăcariu, Cristian 157
 Prisecaru, Dorel 32, 40, 44, 103
 Pristavu, Gheorghe 10
 Prodan, Augustin 381
 Prodan, Vasile 199, 200
 Profeta, Horia 32, 34, 35, 40, 44
 Profirescu, Marcel 11
 Profos, Paul 296
 Proștean, Octavian 299, 322, 340
 Pullia, A. 93
 Pupin, Michel I. 252, 256
 Pușcașu, Răzvan 36
 Pusztai, Kalman 229, 230, 231, 283, 284, 312, 313
 Pușcașu, Gheorghe 326

R

- Racoveanu, Nicolae 246, 299, 329, 330, 428
 Racovițan, Dan 404, 429
 Racoviță, Zoea 222
 Raiciu, Costin 225
 Rainey, M. Paul 256
 Ralescu, Dan 353, 368, 431, 432
 Rascună, S. 19
 Ratscheev, W.A. 296
 Rădac, Mircea Bogdan 321, 322
 Rădac, Mircea-Bogdan 159, 369, 371
 Rădescu, Radu 390, 392
 Rădoi, Antonio Marian 59
 Rădoi, Ion 158
 Rădulescu, Constanța Zoie 158
 Rădulescu, Dan 246
 Rădulescu, Emil 403
 Rădulescu, Gabriel 330, 331
 Rădulescu-Banu, Pierre 390, 392
 Răileanu, Silviu 310
 Răsvan, Vladimir X, 324, 325, 339, 341, 348, 370
 Rău, Petre 441
 Rău, Svetlana 40
 Rebedea, Traian 224

Rebeiz, Gabriel 54
 Rednic, Emanuil 425
 Reeves, Alec 256
 Rice, H.G. 120
 Ristea, Ana 44
 Ritchie, Dennis 202
 Rizescu, Gheorghe 195
 Roberts, Lawrence 270
 Robu, Andreea 322
 Roccaforte, F. 19
 Roco, Mihail C. 159
 Rogojan, Alexandru 176, 226, 227, 228, 236, 246
 Rogojin, Iurie 154, 155
 Roman, Claudia 71
 Roman, Dan 209, 212
 Roman, Monica 326
 Roman, Raul-Cristian 369
 Romănu, Ion 213, 430
 Romert, Victor 389
 Rose, J. 415
 Rosenkrantz, Daniel J., 128
 Rosetti, Alexandru 126
 Rosmann, Manfred, 170
 Rosner, Daniel 224
 Ross, Ashby 431
 Rossum, Guido van 202
 Roșu, Grigore 153, 154
 Roșca, Gh. Ion 401, 404, 424, 429
 Roșca, Valer 403, 424, 429
 Roșu, Mihai 389
 Rotaru, Armand 157
 Rotaru, Cornel 35
 Rotaru, Cristian 35
 Rotaru, Mihai 157
 Rozenberg, Grzegorz 121, 130, 131, 137–139, 144, 147, 148
 Rubin, Andy, 204
 Rudeanu, Sergiu 118, 119, 121–124, 127, 146, 151, 152, 159
 Rughiniș, Răzvan 224, 284
 Ruppel, Gerhart 296
 Rus, Daniela 151
 Rus, Teodor 152, 170, 175, 176
 Rus, Vasile 441
 Rusu, Adrian 9, 10, 11, 21, 31, 46, 71, 101
 Rusu, Dănuț 157
 Rusu, Dorina 446
 Rusu, Octavian 283, 284, 289
 Ruxanda, Gheorghe 436, 437, 438, 440

S

Sabău, Gheorghe 423, 425, 426, 429
 Sacală, Ion 309

Sachelarie, Dănuț 44
 Saggio, M. 19
 Salomaa, Arto 122, 125, 128–131, 137–139, 143, 144, 147, 149, 151
 Salomaa, Kay 144
 Salomie, Ioan 230
 Samachișă, George 9, 11, 21, 31, 33, 178
 Samoilă, Mihai 36
 Șandra, Lazăr 30
 Sandu, Adrian 333, 337
 Sandu, Marin, 186, 212, 215
 Sandu, Nicolai 224, 279, 284
 Sandu, Titus 59
 Sanislav, Teodora 315, 343
 Saru, Daniela 310
 Satran, Iulian 388
 Sava, Traian 223
 Savaniu, Cristian 77
 Savulian, Radu 190
 Săhleanu, Victor 258
 Săvescu, Mugur 260, 265
 Sârbu, Marcel 300, 305, 306, 337
 Sburlan, Dragoș 140, 158
 Scarlat, Emil 416, 436, 438, 439
 Schachter, Samson 246
 Schuster, Werner 175, 176
 Sdrulla, Dumitru 40
 Sears, Nick 204
 Sebastian, Leopold 299, 304, 316
 Sebeok, Thomas A. 133
 Segal, A. 90
 Segal, Armand 169
 Segal, Sandu 246
 Segoufin, Luc 151
 Selișteanu, Dan 299, 326
 Serban, Traian 246
 Sevcenco, Andrei 36
 Sgârciu, Valentin 310
 Shannon, Claude 162, 164, 258, 259
 Shiffer, S.R. 78
 Shockley, William 173, 256
 Sibitz, George 165
 Siciliano, Pietro 77
 Silaghi, Gheorghe Cosmin 404, 435
 Silard, Andrei 11, 24, 445
 Silea, Ioan 323
 Silvestru, Cătălin 427
 Sima, Vasile 158, 299, 338, 339, 340, 341, 390, 394
 Simion, Monica 10, 61
 Simionescu, C. Bogdan 57
 Simovici, Dan 149, 157
 Sipoș, Radu 246
 Sipoș, Ion 399
 Sipoș, Ivan 306

Sita, Valentin 314, 343
Sitar-Tăut, Dan 424
Slusanschi, Emil 224
Smărăndoiu, George 32, 33, 34, 35
Smeureanu, Ion 404, 416, 422
Soare, Călin 307
Socaciu, Nicușor 197
Soceanu, Alexandru 223
Socaneanțu, Aurel 176, 227, 228
Sofron, Emil 9
Sofronie-Stokkermans, Viorica 150
Solyom, Ștefan 321
Sora, Virgil 434, 439
Soreanu, Petre 175
Sosik, Petr 147
Sotir, Alexandru 426
Spătaru, Alexandru 255, 259, 263, 265
Spiege, Jan Van der 166
Spircu, Liliana 416, 436, 438
Spiride, Constantin 184, 216
Spirion, Sivian 11
Sprânceană, Nicolae 307, 310
Stamatescu, Iulia 310
Stan, Mircea 182, 187, 310
Stan, Ovidiu 315
Stanca, L. 424
Stancu, D.D. 157
Stancu, Minasian Ion 416
Stanomir, Dumitru 260
State, Luminița 143, 158
State, Nicolae 246
Stati, Sorin 353
Statovici, Mihai 34, 46
Stăicuț, Eugenie 273, 276, 277, 278, 279, 280, 285
Stăncescu, Vasilica 403
Stănculescu, Florin 159
Stănculescu, Ion 285, 286
Stănculescu, Alexandru 221
Stănescu, Aurelian Mihai 299, 307, 310, 335, 340
Stănescu, Cornel IX, 1, 34, 35
Stănescu, Eugen 187, 246
Stănescu, Theodor 390
Stângu, Carmen 35
Stearns, Richard E. 120
Steen, Lynn Arthur 119
Steiger, William L. 150
Steinmetz, P. Charles 253
Stelian, Niculescu 424
Stephan, F. 146
Stere, Roman 9
Steriu, Dan 9, 22
Sterling, Thomas 206, 207
Stoean, Cătălin 158, 159

Stoean, Ruxandra 158, 159
Stoiescu, Dan 33
Stoian, Ioan 316
Stoica, Adrian 186, 187, 212, 215
Stoica, Marcel 436
Stoica, Petre 159, 305, 333, 342, 442, 444, 445
Stoicescu, Lotus 222, 225
Stoinescu, Radu 227, 228
Stolojanu, Grigore 9
Stratan, Corina 224, 287
Stratulat, Alisa 74
Stratulat, Florin 337, 341
Stratulat, Mircea 227
Streinu, Ileana 150, 159
Strejc, Vladimir 296
Stroe, Radu 438
Stroia, Nicoleta 313, 343
Strugaru, Crișan 176, 198, 226, 227, 228, 229
Sucitulescu, Nicolae 245, 246
Suciu, Dan 151
Sudan, Gabriel 117, 119, 121, 122
Surcel, Traian 429
Surpățeanu, Adrian 222
Surugiu, Nicolae 403
Szedlak-Stinean, Alexandra-Iulia 321, 369
Szeidert, Iosif 322
Szilard, Enyedi 315

Ș

Șendrescu, Dorin 326
Șerban, Bogdan Cătălin 74, 78
Șerban, Radu 309, 438
Șerbănați, Luca Dan 222, 223
Șerbănescu, Mihai 40
Șerbănuță, Nicolae Virgil 136
Șerbănuță, Traian Florin 154
Șestacov, V.I. 122
Șolea, Răzvan 328
Ștefan, Gheorghe M. XI, 1, 6, 8, 9, 12, 49, 138, 159, 188, 194, 225, 257, 355, 374, 375, 376, 445
Ștefan, Iulia 315
Ștefănescu, Alexandra 55
Ștefănescu, Andrei 154
Ștefănescu, Costin 223
Ștefănescu, Gheorghe 152, 153, 159
Ștefănoiu, Dan 299, 309, 342

T

Tache, Adrian 35
Tache, Corina 35

- Takacs, Marta 322
 Talpeș, Emil 224
 Talpeș, Florin 206
 Talpeș, Măriuca 206
 Tamaș, Levente 314
 Tanenbaum, S. Andrew 400
 Tar, K. Jozsef
 Tarlecki, A. 153
 Tașnadi, Alexandru 415
 Taylor, Albert 256
 Tăbuș, Ion 333
 Tănașă, Bogdan 157
 Tănase, Florea 192, 215, 216
 Tănăsescu, Tudor 7, 8, 90, 116, 168, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 265, 306, 442, 443, 445
 Țândăreanu, Nicolae 143, 158
 Tătar, Doina 364
 Tătărâm, Monica 158
 Tebeanu, Teodor 14, 15
 Tecuci, Gheorghe IX, 159, 276, 277, 305, 352, 355, 356, 357, 358, 442, 44, 445, 446
 Tenney, Richard 150
 Teodor, Ion 425, 429
 Teodorescu, Alexandru 123
 Teodorescu, Dan 319, 352
 Teodorescu, Horia-Nicolai XI, 159, 352, 354, 359, 361, 366, 368, 369, 379, 380, 384, 445, 446
 Tertisco, Mihai 299, 307, 309
 Tesla, Nikola 252
 Thacker, Chuck 271
 Thomas, Eric 270, 275
 Thomson, J. Joseph 252, 253
 Thorup, Mikkel 144
 Thue, Axel 122, 146
 Tihărașu, Cristian 41
 Timofte, Carmen 424
 Timotin, Alexandru 47, 445
 Tiponuț, Virgil 227
 Tivadar, Lăcrămioara Stoicu 323
 Toacșe, Gheorghe 199, 200
 Toarta, Mihaela 224
 Toartă, Mihaela 287
 Todorean, Gavril 366
 Todoran, Eneia 157
 Todoroi, Dumitru 416, 417
 Toia, Adrian 277, 278
 Tol, Ovidiu 35
 Toma, Dragomir X
 Toma, Victor X, 90, 118, 168, 169, 174, 212, 235, 236, 246, 255, 442, 445
 Tomai, Nicolae 429, 435
 Tomellini, Renzo 58
 Tomescu, Dan 188, 366, 375, 376
 Tomescu, Marius Lucian 322
 Tomescu, Viorel 273, 274, 275
 Tonceanu, Dan 216, 391
 Torvalds, Linus 204
 Tovissi, Ludovic 246, 416, 435, 439
 Trandabăț, Diana 363, 365, 366
 Trandafir, Ileana 426
 Trăușan-Matu, Ștefan 224, 225
 Trelea, Ioan Cristian 333
 Trica, Alexandru Rene 320, 232
 Trișcă-Rusu, Corneliu 59
 Tsaganea, H. Costel Doru 403
 Tucu, Gheorghe 74
 Tudor, Emil 212
 Tudora, Cristian 36
 Tufiș, Dan XI, 159, 278, 305, 352, 355, 357, 360, 362, 364, 367, 445, 446
 Tufiș, Iulia 390, 392
 Tuinea, Bobe Cristina 10
 Tunsoiu, Gheorghe 306
 Turing, Alan M. 119, 120, 126, 137, 141, 147, 154, 155, 163, 164, 166
 Tustin, Arnold 296
- Ț**
- Țăpuș, Adriana 225
 Țăpuș, Mariana 190
 Țăpuș, Nicolae X, 181, 183, 184, 185, 190, 191, 192, 193, 216, 221, 222, 223, 224, 276, 278, 281, 284, 287, 288, 430
 Țămbulea, Leon 158
 Țevy, Ionel 121, 122
 Țigănescu, Eugen 434, 435, 436, 437, 438, 439
 Țiplea, Ferucio 157
 Țugulea, Andrei 49, 276, 445
- U**
- Udrea, Florin 4, 16, 110
 Udrescu, Florin 337, 341
 Ungureanu, Dan 322
 Ungureanu, Ion 246
 Utriainen, Mikko 77
- V**
- Vaceanu, Nicolae 186, 212, 216
 Vaida, Dragoș 118, 123, 126, 151, 159, 246, 431, 432
 Valachi, Alexandru 231, 232
 Valencia-Cabrera, Luis 142

- Van de Wiele, F. 105
 van der Walt, A.P.J. 128
 van Wijngaarden, A. 143
 Vancea, M. 424
 Vancu, Doina 46
 Vancu, Radu (Mutică) 32, 33, 34, 41, 44, 45, 75, 104
 Varga, Andraș 299, 338, 390, 394
 Vasar, Cristian 322
 Vasilache, Dan 54
 Vasilescu, Geo 404, 428, 434, 439
 Vasilescu, Marinache 434
 Vasilescu, Nini 26
 Vasilescu, Petre 246, 427
 Vasilescu-Karpen, Nicolae 253, 254, 255, 261, 265, 442
 Vasilica, Anca 11
 Vasiliu, Constantin 390, 394
 Vasiliu, Cristofor 260
 Vasiliu, Emanuel 125
 Vasiliu, V. 326
 Vazaca, Cristofor 299, 306, 311, 342
 Văduva, Ilie 423, 430
 Văduva, Ioan 430
 Văideanu, Cristian 157
 Vălean, Honoriu 315
 Vătășescu, Anton 30
 Vărbănescu, Radu 310
 Veca, Lucia Monica 59
 Vegh, Laura 315
 Velicanu, Anda 425
 Velicanu, Manole 426, 429
 Venczel, Geza 423
 Vereș, Ovidiu 424
 Verlan, Serghei 155
 Verlan, Tatiana 155
 Veron, A. 34
 Vertan, Constantin 377, 380
 Vesa, Ioan 424
 Vianu, Tudor 151
 Vicolov–Dumitrescu, Sorina 151
 Vidu, Ruxandra 417
 Vinca, Alexandru 429
 Viñtan, Lucian 370, 371
 Vișan, Traian IX, 1, 36
 Vișan, Dumitru 440
 Vișoiu, Adrian 427
 Viterbi, Andrew James 260
 Vînătoru, Matei 326, 348
 Vlad, I. -V. 446
 Vladimир, Răzvan 299, 324, 325, 339, 340, 341, 370
 Vladimirescu, Andrei 2, 32, 33, 34, 44, 71, 75, 103, 104
 Vlăduț, G. 337
 Vlăduțiu, Mircea 176, 228
 Voicu, Gelu 32, 33, 35
 Voicu, Groza 228
 Voicu, Marius 74
 Voicu, Mihail X, 159, 232, 294, 299, 305, 316, 317, 318, 319, 339, 340, 341, 345, 346, 347, 370, 444, 445
 Voicu, Ramiro 224, 287
 Voicu, Rodica 58
 Voicu, Ștefan 74
 Voinea, Radu 365
 Voinescu, Daniel Claudian 136
 Voinigescu, Sorin 6, 16, 55, 85, 107
 Voloșencu, Constantin 323
 Volta, Alessandro 249
 von Neumann, John 120
 Vuscan, Teodor 424
- W**
- Wales, Jimmy 285
 Watson, Thomas 253
 Wayne, Ronald 205
 Weinstein, Jack 157
 Weissman, Jean 246
 Weisz, Gheorghe 429
 Westcott, H. John 296
 Wheatstone, Charles 249
 White, Chris 204
 Wiener, Norbert 257, 258, 295, 298, 434
 Wild, Andreas Anton IX, 1, 2, 3, 4, 6
 Wilkes, Maurice 179
 Wiseman, Erica 3
 Woodward, M. Philip 258
 Wozniak, Steve 183, 205
- Y**
- Yang, Jerry 281
 Yokomori, Takashi 157
 Yu, Sheng 140, 144
- Z**
- Zacon, Tamara 416
 Zadeh, Lotfi 352, 368, 399
 Zaharia, Gheorghe 415
 Zaharie, Daniela 156, 371
 Zamfir, A. 15
 Zamfir, Gabriel 427
 Zamfirescu, C.B. 427

Zamfirescu, Gheorghe 123
Zamfirescu, Tudor 132
Zamfiroiu, Alin 405, 427
Zandron, Claudio 139
Zbancioc, Marius 366
Zervos, Cristian 221
Zhang, Gexiang 140

Zimand, Marius 151
Zlatian, R. 337
Zocca, F. 93
Zota, Răzvan 427
Zuckerberg, Mark 286
Zuse, Konrad 164
Zworykin, Vladimir 255

ÎN COLECȚIA CIVILIZAȚIE ROMÂNEASCĂ AU MAI APĂRUT:

1. LINGVISTICA ROMÂNEASCĂ (coordonatori: *Marius Sala, Nicolae Saramandu*)
2. ISTORIA CHIMIEI ROMÂNEȘTI (coordonator: *Petre T. Frangopol*)
3. ȘTIINȚA DREPTULUI ȘI CULTURA JURIDICĂ ÎN ROMÂNIA (*Mircea Duțu*)
4. ISTORIA SOCIALĂ A ROMÂNIEI (*Cătălin Zamfir*)
5. ISTORIA GEOȘTIINȚELOR ÎN ROMÂNIA. ȘTIINȚELE GEOGRAFICE (coordonatori: *Dan Rădulescu, Nicolae Panin, Nicolae Anastasiu, Titus Brustur*)
6. ISTORIA GEOȘTIINȚELOR ÎN ROMÂNIA. ȘTIINȚELE GEOFIZICE (coordonatori: *Crișan Demetrescu, Alina Marin*)
7. ISTORIA GEOȘTIINȚELOR ÎN ROMÂNIA. ȘTIINȚELE GEOGRAFICE (coordonatori: *Dan Bălțeanu, Sorin Geacu, Monica Dumitrașcu*)
8. ETNOLOGIE ROMÂNEASCĂ. TRADIȚIE, CULTURĂ, CIVILIZAȚIE (coordonatori: *Sabina Ispas, Nicoleta Coatu*)
9. DEMOGRAFIA ROMÂNIEI (coordonator: *Vasile Ghețău*)
10. ECONOMIA ROMÂNIEI DUPĂ MAREA UNIRE, vol. I – MACROECONOMIA (coordonatori: *Aurel Iancu, Nicolae Păun*)
11. PAGINI DIN ISTORIA MATEMATICII, (coordonatori: *Viorel Barbu, Gabriela Marinoschi, Ioan Tomescu*)

Imprimat în România

