

Discurs de recepție

AUTOMATICA – ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE

Acad. Ioan Dumitrache

Procesul evolutiv de dezvoltare a omenirii a fost marcat de progresul cunoașterii, al tehnologiei și de capacitatea creativă și inovativă a oamenilor, și de a se adapta la cerințele societale și la mediul înconjurător.

Astfel, prin acumulare de experiențe, cunoștințe și abilități, au fost create mijloace tehnice care au contribuit la dezvoltarea societății, de la societatea bazată pe cerințe existențiale la societatea supertehnologizată bazată pe cunoștințe, creativitate și inovare.

În acest proces transformativ al dezvoltării umanității, un rol esențial l-au avut educația, cercetarea științifică și inovarea, convergența cunoașterii și tehnologiei cu societatea.

Suntem martorii unor schimbări majore generate de progresul substanțial al științei și tehnologiei, de tehnologiile disruptive ca: inteligența artificială, robotică cognitivă, calculatoare cuantice, nanotehnologie și biotehnologie, ș.a.

Secolul al XX-lea este considerat cel mai prolific în realizări științifice și tehnologice, fiind înregistrate cele mai multe și importante descoperiri cu impact asupra dezvoltării umanității. Printre domeniile științifice și tehnologice care s-au dezvoltat și care au jucat un rol important în evoluția societății, economiei, culturii, artei și civilizației, în general, s-au remarcat: Cibernetica, Teoria generală a sistemelor, Automatica teoretică și aplicativă (automatizarea) și, desigur, cu o evoluție spectaculoasă, știința și tehnologia informației și comunicațiile.

Am ales să evoc în această prezentare „Automatica” din două motive. Întâi pentru că acest domeniu științific și tehnologic care s-a dezvoltat și înflorit în mod spectaculos în secolul al XX-lea și continuă și în acest început de secol, are un impact deosebit asupra evoluției societății și civilizației. Apoi, pentru că acest domeniu mi-a marcat existența profesională în ultimii 65 de ani. În acest discurs prezint o sinteză a

momentelor importante în evoluția domeniului și prezentarea unor personalități care au marcat dezvoltarea Automaticii.

Sistemele de control automat au la bază principiul reacției inverse, asigurând comportarea dorită a obiectelor conduse prin rejecția perturbațiilor și urmărirea unui program de referință impus. Se poate evidenția cu ușurință legătura între automatică, disciplina care are ca obiect studiul și implementarea sistemelor automate de conducere, și cibernetică, ce tratează aspecte legate de știința conducerii și comunicației.

Acest domeniu științific și tehnologic s-a dezvoltat atât ca răspuns la cerințele legate de rezolvarea unor probleme reale, cât și ca urmare a cerințelor de creștere a performanțelor sistemelor automatizate din ce în ce mai complexe. Astfel, au apărut probleme legate de stabilitatea sistemelor, de optimizare a regimurilor de funcționare, de robustețe și siguranță în funcționare.

Prima etapă în evoluția acestui domeniu începe încă din era preistorică și se întinde până la începutul primei revoluții industriale, în care omul a creat mijloace ingenioase, într-o manieră empirică. În acest sens, este de menționat unul dintre primele astfel de artefacte: regulatorul cu flotor pentru ceasul cu apă, dezvoltat de Ctesibios (~ 270 BC).

Asemenea regulatoare au fost folosite în antichitate și la începutul erei noastre pentru multiple aplicații în agricultură, la producția de vinuri și uleiuri, pentru irigații, pentru măsurarea timpului ș.a. Au fost concepute și realizate diferite mijloace de mecanizare și automatizare pentru controlul presiunii, temperaturii, nivelului, deplasării etc., care s-au constituit în elemente importante pentru susținerea primei revoluții industriale bazată pe mecanizare.

Cea de-a doua etapă este **plasată în intervalul 1750-1900**, când procesele tehnologice, prin complexitatea lor, au necesitat introducerea mecanizării și automatizării pentru asigurarea funcționării și creșterea productivității.

Revoluția industrială în Europa, cu rădăcini încă din perioada anilor 1600, materializată prin dezvoltarea unor mașini și utilaje cu abur aplicate în industria mineritului, industria textilă, industria de prelucrare a metalelor, industria sticlăriei și ceramicii ș.a., a condus la conceperea și dezvoltarea unor sisteme de control mecanice, hidraulice și pneumatice, cu impact important în procesul de mecanizare și automatizare, la creșterea producției, a eficienței și, nu în ultimul rând, la diminuarea eforturilor depuse

de muncitori. Au fost inventate noi dispozitive de control, regulatoare de temperatură, regulatoare de presiune, dispozitive de control al vitezei ș.a.

Un rol important l-a avut James Watt care a dezvoltat motorul cu abur.

În 1788, Watt a finalizat proiectarea regulatorului centrifugal cu bile, utilizat pentru reglarea vitezei de rotație a motorului cu abur.

Sistemele de reglare automată au fost dezvoltate prin proceduri „trial and error”, având la bază intuiția și ingeniozitatea unor ingineri de geniu, neexistând un suport matematic pentru analiza și sinteza unor asemenea sisteme. Dezvoltarea industrială poate fi considerată în această perioadă mai mult la nivel de artă, decât de știință.

Teoria controlului automat a fost inițiată în această perioadă prin folosirea limbajului matematic pentru reprezentarea și analiza comportamentală a sistemelor de reglare automată. **James Clerk Maxwell (1868)** analizează într-o manieră riguroasă matematic condițiile de stabilitate a sistemelor de reglare automată a turației cu regulatoare centrifugale cu bile. Tehnica folosită are la bază liniarizarea ecuațiilor diferențiale ale mișcării și găsirea ecuației caracteristice a sistemului. Arată, pentru prima dată că sistemul este stabil dacă rădăcinile ecuației caracteristice sunt situate în semiplanul stâng al planului complex.

Ivan Alekseyevich Vyshnegradsky (1877) a analizat stabilitatea regulatoarelor, folosind ecuațiile diferențiale, independent de Maxwell, iar Aurel Boreslav Stodola a studiat controlul turbinelor cu gaz și apă, apelând la tehnicile dezvoltate anterior și a introdus pentru prima dată noțiunea de **„constantă de timp a sistemului”**.

În 1892, Aleksandr Mikhailovich Lyapunov publică lucrarea privind stabilitatea sistemelor descrise prin ecuații diferențiale neliniare, enunțând cea de-a II-a teoremă care vizează stabilitatea sistemelor neliniare. Aceste rezultate au deschis **calea utilizării formalismului matematic pentru proiectarea și analiza sistemelor de reglare automată**.

În 1895, Adolf Hurwitz și, independent, Edward John Routh, rezolvă problema determinării condițiilor ca rădăcinile ecuației caracteristice să fie situate în semiplanul stâng al planului complex. Astfel, a fost elaborat criteriul Routh-Hurwitz pentru verificarea stabilității sistemelor de reglare automată, liniare, invariante în timp.

Inginerul britanic Oliver Heaviside a inventat calculul operațional în 1898 și a introdus noțiunea de funcție de transfer pentru studiul sistemelor liniare în condiții inițiale nule. Toate aceste contribuții au

stat la baza inițierii și dezvoltării teoriei și ingineriei sistemelor, care au permis dezvoltarea pe baze științifice a noului domeniu cunoscut astăzi sub denumirea generică „Automatica”.

Cea de-a III-a etapă de dezvoltare a automaticii, care poate fi datată ca perioadă între 1900 și 1955, a avut ca suport industrializarea pe scară largă, comunicațiile telefonice, electricitatea și, nu în ultimul rând, cerințele impuse de cele două războaie mondiale.

În această perioadă, se extinde utilizarea formalismului matematic pentru analiza și proiectarea sistemelor de reglare automată. În laboratoarele Bell, în perioada 1920-1930, sunt dezvoltate tehnici de analiză în frecvență a sistemelor de comunicații.

Pe lângă introducerea și utilizarea funcției de transfer, au fost propuse noi criterii pentru verificarea stabilității sistemelor de reglare automată, având la bază caracteristicile de frecvență ale sistemelor. Harry Theodor Nyquist (1932) formulează criteriul de stabilitate a sistemelor de reglare automată care îi poartă numele, pe baza locului de transfer asociat sistemului în circuit deschis, iar Hendrik Wade Bode (1938) formulează criteriul de stabilitate care îi poartă numele, pe baza caracteristicilor de frecvență amplitudine-pulsație și fază-pulsație, introducând noțiunile de „margine de amplitudine” și „margine de fază”.

În 1934, Harold Locke Hazen publică în lucrarea „Theory of Servo-mechanisms” aspecte ale teoriei controlului automat. Rezultate semnificative în domeniul teoriei controlului automat se obțin în cadrul laboratorului de Radiație din MIT, unde se inventează „radarul” (1940). Sunt aplicate cu succes rezultatele privind analiza în frecvență, fiind dezvoltate metode de proiectare pe baza caracteristicilor de frecvență.

În cadrul acestei etape de dezvoltare a automaticii, se folosesc ecuațiile diferențiale, funcțiile de transfer, reprezentarea în frecvență pentru studiul sistemelor dinamice. Se poate aprecia că această etapă de evoluție a domeniului (1900-1955) reprezintă începutul dezvoltării pe baze științifice a automaticii și automatizării proceselor.

Sunt elaborate strategii convenționale de reglare de tip PID și noi arhitecturi de sisteme de reglare, cu unul sau două grade de libertate, se introduce conceptul dual de reglare („Feedback and Feedforward Control”), reglarea în cascadă, reglarea după perturbație.

Se extinde teoria sistemelor stocastice prin lucrările datorate lui Norbert Wiener (1949) și Andrei Nikolaevici Kolmogorov (1941) și se dezvoltă teoria filtrării optimale pentru semnale staționare continue și discrete.

Aplicațiile automaticii se extind practic în toate sectoarele de activitate socio-economice, în industria metalurgică, chimică, energetică, fabricație, transporturi și aplicații militare speciale. Se dezvoltă producția de echipamente de automatizare, reglatoare pneumatice, hidraulice, electrice și electronice, elemente de execuție și traductoare cu performanțe ridicate. Se inițiază programe de formare a specialiștilor în domeniul controlului automat și elaborarea de manuale didactice dedicate acestui scop.

Cea de-a IV-a etapă în evoluția automaticii și automatizării, având la bază știința sistemelor de control, poate fi datată în perioada 1955-2000, etapă considerată epoca de aur a automaticii sau etapa automaticii moderne.

Aceasta etapă coincide cu cea de-a III-a revoluție industrială, bazată pe dezvoltarea spectaculoasă a teoriei informației și comunicațiilor, a calculatoarelor și mijloacelor moderne de automatizare, consolidarea ciberneticii ca știință a conducerii, a teoriei generale a sistemelor ș.a.

Se dezvoltă calculatoarele electronice bazate pe tranzistori și circuite integrate, crește complexitatea infrastructurilor, ritmul de dezvoltare tehnologică este alert, iar cerința de produse de calitate este în continuă creștere. Automatica și automatizarea proceselor cunosc o evoluție spectaculoasă, în plan conceptual, în plan tehnologic, precum și al modalităților de implementare a strategiilor moderne de conducere.

Pentru procesele complexe descrise de modele neliniare, metodele clasice de analiză și proiectare și-au probat însă ineficiența, impunându-se dezvoltarea unor noi concepte privind conducerea unor astfel de procese.

În 1957, Richard Ernest Bellman dezvoltă principiul optimalității (programare dinamică), cu aplicații în conducerea optimă a sistemelor descrise prin modele discrete, iar în 1958, Lev Semyonovich Pontryagin a dezvoltat „principiul maximului”, rezolvând probleme de control optimal prin metode de Calcul Variațional.

Sunt de menționat lucrările lui Rudolf Emil Kálmán (1960) despre problematica conducerii optimale de tip LQR (Linear Quadratic Optimal Control). Acesta a dezvoltat, astfel, teoria filtrării și estimării optimale, introducând metode de proiectare pentru filtrul Kalman discret.

În 1961, Kalman împreună cu Richard Snowden Bucy dezvoltă filtrul Kalman continuu. Apare prima lucrare fundamentală care introduce noul formalism matematic pentru caracterizarea sistemelor dinamice liniare și neliniare intrare-stare-ieșire, fiind astfel inițiată era controlului modern. Se revine la

ecuațiile diferențiale aplicabile unitar și coerent atât sistemelor cu o intrare și o ieșire, cât și sistemelor multi-variabile, invariante și variante în timp. Astfel, prin introducerea variabilelor de stare, s-a trecut și la analiza comportării dinamice interne, nu numai la comportarea intrare-ieșire.

Începând cu anul 1960, se deschide o nouă direcție de cercetare în teoria controlului automat, **Sisteme Adaptive**, a căror structură evidențiază cel puțin două niveluri ierarhice, reglare și adaptare. Se dezvoltă și se introduc noi metode de modelare și identificare a proceselor conduse și se concep arhitecturi de conducere adaptivă cu model de referință și cu identificare online a modelelor matematice. Se extinde studiul sistemelor neliniare, a sistemelor variante în timp și a sistemelor cu parametri distribuiți.

În 1970 apare prima lucrare fundamentală în domeniul conducerii proceselor pe baza modelelor stocastice, iar în 1973 este introdus de către Karl Johan Åström și Björn Wittenmark conceptul de sistem adaptiv cu auto-acordare.

În perioada 1970-1980 se pun bazele controlului robust, luând în considerare incertitudinile structurate și nestructurate în modelarea proceselor. Se dezvoltă teoreme pentru verificarea robusteții stabilității și a performanțelor. Se introduc noi metode de proiectare a sistemelor robuste.

În deceniul al 8-lea, se pun bazele conducerii predictive a proceselor folosind modelele liniare și neliniare stocastice, cu aplicații largi în industria chimică, energetică și robotică.

În anul 1986, Edward Joseph Davison introduce conceptul de reglare cu model intern și compensator stabilizator după stare, acesta asigurând atât precizia dorită în regim staționar, cât și comportarea optimală în regim tranzitoriu.

În aceeași perioadă, se pun bazele teoriei sistemelor dinamice cu evenimente discrete și hibride, cu aplicații în special în sistemele de fabricație.

Se poate afirma că această etapă de dezvoltare a automaticii, ca domeniu al științei și ingineriei sistemelor, a avut un rol considerabil la consolidarea acestei specialități prin contribuții de substanță în plan conceptual. Analiza și proiectarea bazată pe model matematic a cunoscut o evoluție spectaculoasă, fiind rezolvate probleme legate de incertitudinile de modelare, de influența zgomotelor de măsură, de varietatea regimurilor de funcționare a proceselor, fiind elaborate strategii de conducere optimale, adaptive și robuste, atât în cazul modelelor deterministe continue și discrete, cât și în cazul modelelor stocastice liniare și neliniare, variante și invariante în timp.

Comunitatea inginerilor automatiști și a cercetătorilor specializați în ingineria sistemelor automate a construit un arsenal de metodologii și proceduri care acoperă cu succes cerințele de proiectare pentru sistemele de conducere a proceselor și infrastructurilor complexe. În paralel cu elaborarea metodologiilor de proiectare bazată pe model matematic, în această perioadă sunt dezvoltate metodologii inteligente de conducere, având la bază teoria mulțimilor fuzzy, inițiată de Lotfi Aliasger Zadeh în 1965, teoria rețelelor neurale, inițiată de Frank Rosenblatt în 1960, teoria evoluționistă și algoritmi genetici, inițiați de John Henry Holland în 1975. Progresele obținute în domeniul inteligenței artificiale obținute în decursul celor 40 de ani (1956-2000) sunt remarcabile. De menționat că preocupările de cercetare în domeniul IA au fost inițiate de grupul de la Colegiul Dormount, avându-l printre pionieri pe Marvin Lee Minsky, Frank Rosenblatt, Shanon și alții.

În această perioadă, au fost elaborate sisteme expert pentru conducere în timp real a proceselor, regulatoare fuzzy și sisteme bazate pe rețele neurale pentru identificarea și conducerea în timp real a proceselor liniare și neliniare. Algoritmi genetici și programarea evoluționistă au fost folosiți pentru rezolvarea unor probleme de optimizare parametrică și de conducere optimală.

Pornind de la sinergismul acestor metodologii, au fost elaborate arhitecturi hibride inteligente de tipul: Neuro-Fuzzy, Geno-Fuzzy, Geno-Neuro-Fuzzy. Acestea au o largă aplicabilitate în conducerea proceselor al căror model matematic este dificil de obținut, sau complexitatea acestuia este mult prea mare pentru a putea fi folosit în proiectare. Prin proceduri de **compunere, transformare, fuziune și asociere**, au fost dezvoltate metodologii hibride inteligente de conducere a proceselor, cu evoluție continuă sau discretă. A fost extinsă aplicarea inteligenței computaționale în conducerea proceselor.

În ceea ce privește aplicabilitatea acestor metodologii de proiectare și analiză a sistemelor de reglare/conducere, un rol deosebit l-a avut evoluția calculatoarelor, a microelectronicii, a sistemelor de măsurare și achiziții a datelor și a rețelelor avansate de comunicație. Într-o primă fază, calculatoarele au fost utilizate pentru proiectarea și simularea sistemelor dinamice, fiind dezvoltate biblioteci de programe pentru modelare, simulare și proiectare (LINPACK, SIMNON, CSMP, MATLAB, SIMULINK, SIMSID etc.), iar ulterior au fost incluse în structuri de conducere în timp real a proceselor. În această ultimă direcție se pot menționa diferite arhitecturi de conducere directă sau în regim de supervizare, ce au determinat trecerea de la paradigma C2 (Computer for Control) la paradigma C3 (Computer, Communication for Control) și în prezent la paradigma C4 (Computer, Communication and Cognition for Control) cu extensie la noua generație de sisteme de conducere autonome.

Au fost concepute regulatoare analogice și numerice pentru controlul proceselor cu o intrare și o ieșire și structuri de sisteme distribuite de conducere a proceselor complexe, începând cu anul 1975, când a fost realizat primul Sistem Distribuit de Control, folosind microprocesoare de 16 biți.

Progresele obținute în domeniul traductoarelor și senzorilor, precum și în domeniul rețelelor avansate de comunicație au condus la realizarea sistemelor de conducere în rețea în timp real (Networked Control System) cu extensie după anii 2000 spre structuri de sisteme integrate complexe Cyber fizice (Cyber-Physical Systems).

Se poate remarca faptul că evoluția automaticii în plan conceptual, a fost completată cu o dezvoltare tehnologică rapidă a sistemelor numerice și cu o dezvoltare corespunzătoare a sistemelor de programare în timp real.

Sfera aplicațiilor teoriei controlului și a sistemelor de comandă și conducere a proceselor s-a extins în această etapă practic la toate sectoarele de activitate soci-economică, în medicină și biologie, în cercetarea științifică avansată sau în viața cotidiană domestică a omului.

Automatica are un suport științific consistent, prin caracterul interdisciplinar și multidisciplinar asigurat de cunoștințele și instrumentele din domenii ca: matematică, fizică, biologie, informatică, calculatoare și un suport tehnologic asigurat de microelectronică, calculatoare, rețele de comunicații, sisteme de achiziții și preluare de date.

Un rol esențial în evoluția științifică și tehnologică a acestui domeniu îl are Federația Internațională a Automatiștilor (IFAC), înființată în anul 1956 la inițiativa unui grup de specialiști din Germania, Franța, Italia, Anglia, Suedia, Polonia și URSS, având ca principal obiectiv dezvoltarea și susținerea automaticii și automatizărilor. În timp, au devenit membre ale acestei federații și alte state, inclusiv România, care este reprezentată în IFAC prin NMO-România încă din anul 1957. Primul congres IFAC a fost organizat în anul 1960 la Moscova și de atunci, din trei în trei ani, în diferite centre puternice de cercetare din Europa, SUA și Asia, cu participarea specialiștilor în domeniu. Între congrese, sunt organizate manifestări științifice pe domenii, fiind implicate pentru organizare comitetele tehnice de specialitate și NMO din țara organizatoare.

Cea de-a V-a etapă în evoluția automaticii ca domeniu științific și tehnologic de avangardă este datată după anul 2000. În această etapă se extind rezultatele cercetărilor în rezolvarea problemelor de siguranță în funcționare, de eficientizare, de creștere a nivelului de reziliență și a gradului de autonomie,

pentru sisteme de conducere a proceselor complexe. Se integrează tot mai multe tehnologii bazate pe inteligența artificială în sistemele de control automat, se dezvoltă arhitecturi avansate de sisteme integrate Cyber-fizice, cu funcții cognitive, trecându-se, treptat, la realizarea și implementarea sistemelor autonome, la realizarea de sisteme cu autoorganizare, preluând tot mai multe concepte din domeniul sistemelor biologice.

Se dezvoltă cu succes sistemele inteligente (Intelligent Cyber Physical System – ICPS) în tot mai multe sectoare de activitate, pornind de la cercetare, în industrie, medicină, sociologie. Se extinde nivelul de automatizare a infrastructurilor critice complexe din domeniul energetic, transporturi, fabricație, securitate cibernetică etc.

Această etapă de dezvoltare a automaticii avansate se constituie, prin instrumentele conceptuale și aplicative, în suportul esențial al celei de-a IV-a revoluții tehnologice, prefigurând cea de-a V-a revoluție tehnologică bazată pe fuziunea dintre tehnologie și biologie.

Dezideratul inițial al inginerilor automatiști de a crea sisteme autonome similare sistemelor autonome robuste biologice este pe cale de a deveni realitate într-un timp rezonabil. Sistemele inteligente integrate de tip ICPS reprezintă o perspectivă nu foarte îndepărtată în contextul existenței deja a roboților autonomi colaborativi, autovehiculelor autonome care rulează pe autostrăzi inteligente, sistemelor inteligente de fabricație, a întreprinderilor cu autoorganizare ș.a.

Automatica, văzută ca domeniu interdisciplinar al științei, s-a dezvoltat în strânsă conexiune cu dezvoltarea științei și tehnologiei, fiind în același timp un factor catalizator pentru dezvoltarea tuturor sectoarelor de activitate. Automatizarea este indispensabilă, practic, în toate sectoarele de activitate, nu numai în domenii tehnice, ci și în domenii ca sănătate, sociologie, finanțe, educație ș.a.

Descifrarea mecanismelor funcționării creierului uman, a relației dintre creier și minte, va permite un salt spectaculos în domeniul cunoașterii, dezvoltării tehnologice, cu beneficii asupra evoluției umanității.

Trecerea la o nouă revoluție, cea de-a IV-a, se realizează natural, în cadrul acesteia automatizarea, comunicațiile între mașini (obiecte fizice) – M2M, între mașini și oameni – M2H joacă un rol esențial. Se implementează cu succes sisteme colaborative de tip multi-agent în cadrul cărora se realizează cooperarea între agenți naturali (ființe inteligente) și agenți inteligenți (creații artificiale ale omului).

Sunt create condițiile implementării sistemelor integrate Socio-Cyber Fizice, în care operatorul uman are rol dual de creator și membru activ în arhitectura colaborativă.

Automatică avansată, Inteligența Artificială, Robotica Cognitivă, Prelucrarea bazelor masive de date, noua generație de calculatoare cuantice și neuromorfe prefigurează un nou tip de societate și de economie în care se schimbă rolul omului.

În acest context Cibernetica joacă un rol important ca știință a conducerii și comunicațiilor.

Spre deosebire de automatică, cibernetica tratează integrativ și probleme din domenii precum biologie, psihologie, sociologie, economie sau teoria generală a sistemelor, având la bază principiul reacției inverse și multiple bucle de reglare interconectate.

Se poate considera că cibernetica a început să existe la finalul anilor '40, odată cu lucrarea lui Norbert Wiener despre influența informației asupra entropiei sistemelor și publicarea cărții „Cibernetica” în anul 1948. Însă acest lucru nu ar fi fost posibil fără alte contribuții anterioare importante.

În context filosofic, conceptul de „sistem” apare pentru prima dată în secolul al XVII-lea, în scrierile lui René Descartes, unde este definit ca o colecție de concepte și metode utilizate pentru analiza fenomenelor reale. Un secol mai târziu, fizicianul André-Marie Ampère menționează cibernetica drept știință ce tratează metodele de conducere societale. La jumătatea secolului al XIX-lea, psihologul Claude Bernard menționează existența interacțiunilor între mediul intern și cel extern al organismelor, pentru ca, ulterior, matematicianul Jules Henri Poincaré să analizeze problematica instabilității sistemelor, ce a determinat în secolul următor apariția teoriei sistemelor dinamice. În prima parte a secolului al XX-lea, filosoful Paul Nicolai Hartmann propune ideea de cauzalitate în analiza realității, identificând concepte ca **recurența și emergența**.

Întrebarea firească este ce va urma după toate aceste realizări ale cunoașterii umane, care va fi locul omului în acest context al existenței mașinilor și roboților autonomi cu inteligență încorporată. Este ființa umană pregătită să facă față acestui scenariu?

În țara noastră, preocupările inginerilor români pentru automatică s-au armonizat cu cele de la nivel european, cu aportul specialiștilor care erau solicitați să dezvolte și să implementeze soluții de mecanizare și automatizare, în special în industrie. Începând cu anii 1948-1950, se introduc primele cursuri de inițiere în automatică la facultățile cu profil electric, iar după anul 1952, sunt incluse cursuri de automatică/automatizări la toate profilurile tehnice.

Un rol important în procesul de dezvoltare a automaticii în România l-a avut Comisia de automatizări a Academiei Române, înființată de academicianul Grigore Moisil în 1956, fiind președintele acestei comisii până în anul 1973.

În acea perioadă de transformări socio-economice majore, din comisie au făcut parte reprezentanți ai tuturor universităților și institutelor de învățământ tehnic superior, precum și specialiști din industrie. Printre membrii comisiei regăsim personalități ca: Mihai Drăgănescu, Aurel Avramescu, Vasile Mihai Popov, Corneliu Penescu, Sergiu Călin, Nicolae Budișan, Constantin Apetrei, Ilie Papadache, Marcel Sârbu, Florea Simion, Constantin Dinculescu (fost rector al Institutului Politehnic București) ș.a.

Prin prestigiul membrilor săi și în mod deosebit prin contribuția academicianului Grigore Moisil, s-a inițiat și lansat un amplu program de susținere a automaticii și automatizării, ca factor important al modernizării industriei. Prin seminare științifice, conferințe și prelegeri susținute atât în cadrul Academiei Române, cât și în cadrul unor manifestări științifice organizate în universitățile tehnice și în cadrul CNIT, Comisia de automatică a Academiei Române a fost promotorul și susținătorul acestui domeniu în România. Prin intermediul Comisiei, România a devenit membru IFAC în 1957, fiind reprezentantul legal ca NMO-România în IFAC.

Automatica, domeniul integrat în știința conducerii, a beneficiat inclusiv de concepte introduse în cibernetică de mari personalități românești ca Ștefan Odobleja, Daniel Danielopolu și Paul Postelnicu, care, înainte de Norbert Wiener, au evidențiat importanța reacției negative în sistemele biologice și tehnice.

Ștefan Odobleja, prin definirea legii reversibilității, aplicabilă în toate domeniile din natură și societate, prefigurează o viziune cibernetică cuprinzătoare, demonstrând rolul reacției negative în sistemele biologice organizate ierarhic, cu multiple bucle de reglare.

Paul Postelnicu prezintă, în anul 1945, o viziune biocibernetică asupra vieții, evidențiind importanța reacției negative în domeniul viului și în tehnică.

Profesorul Daniel Danielopolu elaborează, printre primii în lume, o concepție nouă în descrierea funcțiilor biologice, introducând conceptul de biocibernetică, ce vizează prezentarea organismelor și a funcțiilor organelor ca sisteme.

Putem aprecia că cele trei personalități se numără printre precursorii ciberneticii, înainte de apariția cărții „Cibernetica” publicată de Norbert Wiener în 1948.

Rolul celor trei precursori ai ciberneticii, prin gândirea și viziunea lor inovativă, este de necontestat și doar contextul național și internațional defavorabil a condus la pierderea unor priorități și a unor recunoașteri internaționale pentru aceste contribuții românești.

Sunt de remarcat contribuțiile specialiștilor români la dezvoltarea acestui domeniu. Astfel, acad. Grigore Moisil, fondatorul școlii de algebră logică și teoria algebrică a mecanismelor automate, a elaborat un model algebric al legilor Lucasiewicz tri și tetravalente, numită astăzi, algebra Lucasiewicz-Moisil. Acad. Grigore Moisil a fost printre promotorii științei sistemelor automate, algebrei și raționamentului nuanțat, al științei sistemelor discrete, al matematicii ca suport formal al automaticii și al teoriei generale a sistemelor.

Vasile Mihai Popov, membru corespondent al Academiei Române, are contribuții majore în domeniul stabilității sistemelor neliniare, introducând conceptul de hiperstabilitate și criteriul frecvențial pentru verificarea stabilității care îi poartă numele. În 1960, la primul Congres IFAC, prezintă lucrarea „Criterion of quality for nonlinear Controller System”, care devine lucrare de referință în domeniul sistemelor neliniare.

În 1966, publică monografia „Hiper-Stabilitatea sistemelor automate”, lucrare tradusă în mai multe limbi de circulație internațională. A reușit, magistral, construcția unei teorii unitare asupra tuturor problemelor calitative ale sistemelor dinamice, inclusiv cu întârziere.

Un rol remarcabil în susținerea dezvoltării automaticii, electronicii și informaticii în România l-a avut acad. Mihai Drăgănescu. Ca președinte al Comisiei guvernamentale de dotare cu echipamente de calcul și de automatizare a țării, concepe și lansează programe speciale pentru producția de sisteme de calcul și echipamente de automatizare, pentru dotarea laboratoarelor didactice și de cercetare științifică din universități.

Introduce conceptul „electronică funcțională”, inițiază și susține dezvoltarea societății informaționale și societatea cunoașterii. Introduce conceptul de „societatea conștiinței”, având o nouă viziune asupra dezvoltării societății hiperconectate. Pentru susținerea și dezvoltarea automaticii și automatizării industriale, sunt de menționat inginerii Cornel Mihulecea, Alexandru Necula, Ioan Geambașu și Vasile Baltac, directori ai centralelor industriale de proiectare și execuție în automatizări și calculatoare.

În 1962, se înființează prima catedră de specialitate „Automatică” în cadrul căreia s-au regăsit, pe lângă cadrele didactice din Institutul Politehnic București și specialiștii din institutele de cercetare-proiectare din domeniu.

În 1965 absolvă prima promoție de ingineri automatiști, secție de specialitate Automatică din Facultatea de energetică, având un plan de învățământ coerent, cu trei componente: pregătire fundamentală, tehnică generală și pregătire de specialitate. Cei mai buni absolvenți sunt repartizați în învățământ, atât în București cât și în alte centre universitare. În anul 1967, se înființează prima facultate de automatică, în cadrul Institutului Politehnic București, cu două catedre de automatică, o catedră de matematică și o catedră de electrotehnică.

În această perioadă de organizare și consolidare a școlii de automatică din București, se lansează o serie de programe de cercetare-proiectare în domeniul roboticii, în domeniul sistemelor numerice de conducere, în domeniul teoriei sistemelor dinamice, inclusiv în domeniul sistemelor cu întârziere, al sistemelor adaptive și al sistemelor robuste.

Sunt concepute și implementate echipamente numerice de reglare, se dezvoltă sisteme complexe de automatizare pentru industria constructoare de mașini, energetică, industria chimică, metalurgică ș.a.

De remarcat conceperea și realizarea într-o configurație unitară cercetare-proiectare-execuție a sistemului distribuit de conducere a proceselor SDC-2050, de concepție românească, la 8 ani de la realizarea primului sistem similar la nivel internațional.

Au fost elaborate metode și proceduri de analiză și sinteză a sistemelor dinamice liniare și neliniare, sisteme adaptive, sisteme robuste, precum și pachete de programe pentru proiectare și analiză, pentru modelare și simulare a sistemelor dinamice (SIMSID, PROSIM).

Au fost dezvoltate și aplicate metodologii inteligente de conducere a proceselor, inițiate cercetări în domeniul sistemelor autonome, robotică cognitivă și bioinginerie, inclusiv în domeniul neuroinformaticii și neurotehnologiei. Școala de automatică din Universitatea Politehnică din București s-a dezvoltat și consolidat în paralel cu școlile existente în Europa, participând activ la schimbul de idei și la susținerea unor programe comune de cercetare în domeniul științei și ingineriei sistemelor automate.

În perioada 1960-1966 au fost create grupuri de cercetători și cadre didactice în cadrul unor facultăți de electrotehnică și energetică din Timișoara, Iași, Cluj-Napoca, Craiova și Galați, care ulterior s-au constituit în catedre de automatică. Printre creatorii de școală în universitățile și institutele tehnice

remarcăm pe: Nicolae Budișan (Timișoara), Constantin Belea (Craiova), Ioan Bejan, Sebastian Leopold și Nicolae Boțan (Iași), Marius Hângănuț (Cluj-Napoca), Corneliu Penescu, Florea Simion, Călin Sergiu (București), Nicolae Racoveanu (București), Emil Ceangă (Galați) ș.a.

După anul 1990, s-au înființat facultăți de automatică și calculatoare în cadrul universităților cu profil tehnic din Timișoara, Cluj Napoca, Iași, Craiova și Galați și departamente de automatică în alte centre universitare.

Comunitatea specialiștilor din domeniul automaticii și ingineriei sistemelor înființează în anul 1991 „Societatea Română de Automatică și Informatică Tehnică” (SRAIT), care are ca scop promovarea domeniului, colaborarea între specialiștii din învățământ și cercetare cu mediul economic, precum și coordonarea procesului de pregătire a viitorilor specialiști.

Se constituie, astfel, un cadru de colaborare între specialiști și un mediu eficient de dezvoltare și susținere a acestui domeniu științific și tehnologic. Se organizează manifestări științifice comune, schimburi de experiență, se structurează și adoptă noi planuri de învățământ sub coordonarea SRAIT.

Începând cu anul 1991, SRAIT devine NMO-România și reprezintă țara în cadrul Federației Internaționale de Automatică (IFAC). Sunt intensificate legăturile cu departamente de automatică din țările dezvoltate, se realizează schimburi de cadre didactice și studenți, și programe comune de cercetare științifică, se organizează în România peste 20 de manifestări științifice sub egida IFAC. Specialiștii români sunt prezenți în Comitetele Tehnice IFAC, contribuind la organizarea unor manifestări științifice de prestigiu în diferite țări ale lumii, inclusiv la organizarea congreselor IFAC.

Prin programele oferite, prin prestigiul cadrelor didactice și rezultatele cercetărilor științifice, școala de automatică și ingineria sistemelor reprezintă în continuare un pol de atracție pentru mulți tineri talentați din țară și din străinătate.

Mulți absolvenți ai școlilor de automatică din țară au preferat să-și continue cariera în alte țări, demonstrând o pregătire profesională excelentă, mulți dintre aceștia devenind profesori universitari și cercetători de prestigiu în cadrul unor importante universități din SUA, Canada, Franța, Spania, Anglia, Germania, Italia, Olanda, Suedia.

Conferințele organizate sub egida SRAIT încă din anul 1975 se bucură de largă participare a comunității specialiștilor din domeniul automaticii și calculatoarelor, atât din țară cât și din străinătate.

Prin succinta prezentare a acestui domeniu științific și tehnologic, aducem un omagiu celor care au inițiat și promovat acest fascinant sector al științei și tehnologiei.

În prezent, nu există sector de activitate care să nu includă tehnologii avansate de automatizare, inclusiv pentru creșterea calității vieții. Societatea viitorului bazată pe știință și tehnologie va include rezultatele cercetărilor în domeniul automaticii, biologiei, informaticii și, în domeniul inteligenței artificiale și al sistemelor autonome. Automatizarea avansată, robotica, inteligența artificială, sistemele cuantice și neuro-morfice, fuziunea dintre biologie și tehnologie vor sta la baza noului tip de societate super inteligentă.

Rezultatele cercetărilor din domeniul neurobiologiei, neuroștiințelor, neuroinformaticii, științelor cognitive vor contribui la conceperea și dezvoltarea noii generații de sisteme de conducere pentru procese tot mai complexe. Conducerea bazată pe mecanisme de percepție, învățare, memorare, planificare va permite controlul proceselor prin multiple bucle de reglare, realizând sisteme adaptive complexe.

În acest sens, trebuie menționat faptul că sistemele complexe heterogene necesită o altă abordare sistemică a complexității. Înțelegerea profundă a mecanismelor vieții, a modului de organizare și funcționare a subsistemelor biologice în structura generală a organismului uman va reprezenta un suport esențial în gestiunea sistemelor complexe de mari dimensiuni, vor putea fi create sisteme autonome cu organizare ierarhică, cu reale capacități emergente.

Omul reprezintă un model de sistem de sisteme complexe interconectate, oferind o sursă consistentă de inspirație pentru crearea și implementarea sistemelor cognitive de conducere. Înțelegerea mecanismelor de achiziție, preluare și stocare a informațiilor și cunoștințelor la nivelul creierului uman va permite crearea unor noi sisteme de calcul și de conducere a proceselor complexe.

Integrarea nanotehnologiei, biotehnologiei, neuroștiinței și neuroinformaticii poate contribui la dezvoltarea cunoașterii, la crearea generațiilor viitoare de artefacte inteligente, la progresul societății umane spre societatea superinteligentă.

Automatizarea avansată bazată pe fuziunea dintre tehnologie și biologie se va constitui ca suport esențial pentru o nouă revoluție tehnologică. Aceasta necesită creșterea nivelului de pregătire a specialiștilor în domenii interdisciplinare, formarea viitorilor ingineri capabili să conceapă și să implementeze artefacte cu nivel înalt de inteligență.

Evoluția spectaculoasă a tehnologiilor bazate pe Inteligență Artificială va contribui la conceperea și implementarea unor sisteme avansate de automatizare cu impact major asupra creșterii eficienței, productivității și calității vieții. Totodată prin implementarea unor asemenea tehnologii vor trebui luate în considerare aspectele de etică, de protecție a vieții private și nu în ultimul rând încrederea în sistemele bazate pe inteligența artificială.

Societatea viitoare va fi o societate a integrării inteligenței umane și a inteligenței mașinilor, o societate superinteligentă în cadrul căreia rolul de coordonator trebuie să rămână operatorului uman creator și utilizator al sistemelor inteligente care pe lângă știință, cunoaștere și abilități trebuie să aibă și conștiință.

Inteligența Artificială poate fi un suport important pentru activitățile umane în măsura în care este folosită rațional și cu responsabilitate.