

De la teoria sistemelor complexe la fabricile inteligente: o viață dedicată cercetării

Un dialog despre pasiunea pentru cercetare, provocările unei cariere academice și lecțiile pe care tinerii cercetători le pot valorifica într-o lume aflată în continuă transformare

Interviu cu prof. univ. dr. ing. Radu Nicolae DOBRESCU



Profesorul Radu Dobrescu este una dintre personalitățile reprezentative ale școlii românești de Automatică și Informatică Industrială, desfășurându-și activitatea în cadrul Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București. O parte din viața academică s-a desfășurat și în Universitatea „Valahia” din Târgoviște.

A contribuit de-a lungul carierei sale la dezvoltarea unor domenii aflate la intersecția dintre teoria sistemelor, modelare și simulare, sisteme complexe, fabricație inteligentă și inteligență artificială. Activitatea sa științifică reflectă evoluția tehnologiilor moderne din ultimele decenii și capacitatea cercetării de a răspunde provocărilor unei lumi aflate într-o continuă transformare.

De-a lungul anilor, profesorul Dobrescu a dezvoltat și coordonat numeroase proiecte de cercetare, colaborări academice și inițiative interdisciplinare, contribuind la formarea unor generații de ingineri, cercetători și cadre universitare. Interesele sale științifice au evoluat constant, de la modelarea și controlul sistemelor complexe până la aplicații moderne ale inteligenței artificiale, sistemelor holonice, producției inteligente și transformării digitale a industriei.

Un aspect definitoriu al activității sale îl reprezintă capacitatea de a integra perspective diferite asupra aceluiași probleme, demonstrând că progresul științific apare adesea la granița dintre discipline și prin colaborarea dintre cercetători cu expertize complementare. Într-o perioadă marcată de digitalizare accelerată și schimbări tehnologice fără precedent, experiența sa oferă o perspectivă valoroasă asupra modului în care cercetarea se adaptează și contribuie la dezvoltarea societății.

Prin întreaga sa activitate, profesorul Radu Dobrescu reprezintă un exemplu de perseverență, curiozitate intelectuală și deschidere către nou, valori esențiale pentru studenții, masteranzii și doctoranzii care își propun să urmeze o carieră în cercetare.

Conversația

1. Privind în urmă la începutul carierei dumneavoastră, care au fost oamenii, experiențele sau întâmplările care v-au determinat să alegeți cercetarea ca drum profesional?

Răspuns: Am susținut lucrarea de diplomă în iulie 1968 și am devenit absolvent al Facultății de Automatică din Institutul Politehnic București. Am fost reținut ca preparator universitar la aceeași facultate și am început cariera universitară în septembrie 1968. Dacă socotesc și anii de studenție, am petrecut în facultate (acum denumită Automatică și Calculatoare) mai bine de 60 de ani de viață. Vreau să menționez că prin îndeplinirea a două criterii: calitatea de excepție a profesorilor și dificultatea concursului de admitere, facultatea a adunat ani în șir « floarea » absolvenților de liceu din toată țara și a format specialiști care au

reușit să mențină pasul cu un domeniu în care progresul tehnic a evoluat cu o viteză inimaginabilă.

Am fost mândru că am putut contribui și eu, în timp, la formarea acestor specialiști și să-i onorez astfel pe cei care m-au educat pe mine. Și pentru că lista acestora e foarte lungă, am să menționez doar numele profesorului Corneliu Penescu, ctitorul acestei facultăți și creatorul școlii românești de Automatică, care mi-a fost mentor atât în calitatea de șef al catedrei din care am facut parte, cât și în aceea de conducător de doctorat.

Din punct de vedere teoretic, la baza pregătirii noastre a fost disciplina numită Teoria Sistemelor, iar obiectivul principal al procesului didactic a fost să ne învețe cum să gândim. Ni s-a inoculat un concept denumit *system thinking* (gândire sistemică) pe care l-aș defini pe scurt ca fiind “o modalitate de a înțelege complexitatea lumii privind-o în termeni de întreguri și relații, mai degrabă decât prin divizarea ei în părțile sale.” Acest concept este laitmotivul răspunsurilor mele la acest interviu. Gândirea sistemică este aplicabilă pentru toate științele sistemice, în toate domeniile în care se apelează la o abordare sistemică, dar rămâne fundamental bazată pe Teoria generală a sistemelor. Teoria generală a sistemelor este cea mai cuprinzătoare abordare pentru a studia și înțelege totul din acest univers. Ea privește lumea ca entități organizate care interacționează ca părți și întreg la diferite niveluri superioare de complexitate și evoluție.

Fiind cadru didactic universitar, am avut înscrisă activitatea de cercetare științifică în fișa postului. Până în 1990 am participat ca membru în echipe de cercetare și chiar în calitate de director/responsabil la diverse proiecte de cercetare-dezvoltare care, pentru că erau bugetate din fonduri strict repartizate, aveau de la început fixate obiective verificabile printr-un număr important de indicatori de calitate. Deși acest gen de cercetare “aplicativă” nu era foarte ofertant, mai ales pentru că era încorsetată de termene severe de finalizare, trebuie să afirm că multe proiecte au contribuit la formarea mea ca specialist și mi-au oferit uneori satisfacții profesionale prin soluțiile ingenioase pe care eram obligați să le găsim pentru a evita neajunsurile unei infrastructuri precare și ale unor tehnologii vetuste. Lucrurile s-au schimbat însă radical după ce am primit calitatea de conducător de doctorat și am putut să selectez atât tematica de cercetare, cât și modul de organizare a activității studenților doctoranzi, precum și modalitățile de valorificare a rezultatelor obținute prin finalizarea tezelor. De aceea răspunsurile la întrebările din interviu se vor referi doar la activitățile de cercetare care implică participarea doctoranzilor. Mai adaug doar că domeniul în care conduc activitatea de doctorat a fost numit inițial Automatizări Industriale, dar acum poartă numele mult mai potrivit de Ingineria Sistemelor.

2. Ați fost martorul unor transformări tehnologice majore, de la automatizarea industrială clasică la inteligența artificială și fabricile inteligente. Care dintre aceste schimbări considerați că a avut cel mai mare impact asupra modului în care se face cercetare astăzi?

Răspuns: Impactul cel mai profund asupra cercetării l-a avut nu o tehnologie anume, ci infrastructura care le-a susținut pe toate: capacitatea de calcul la scară mare și accesul la date masive. Acestea au schimbat nu doar ce cercetăm, ci mai ales cum cercetăm — metodologia însăși s-a transformat, validarea empirică devenind posibilă la o granularitate și o viteză fără precedent. Inteligența artificială, în sens larg - incluzând modelele generative și automatizarea cognitivă - va genera cel mai fertil teren de cercetare. Nu atât ca domeniu în sine, ci ca instrument transversal care redefineste problemele de cercetare în toate disciplinele, inclusiv în cele umaniste și sociale.

3. Multe dintre proiectele dumneavoastră au abordat sisteme complexe și interdisciplinare. Ce v-a atras către aceste probleme și ce lecții oferă ele cercetătorilor aflați la început de drum?

Răspuns: Mă voi referi doar la studenții-doctoranzi cărora ar urma să le ofer îndrumare. Pentru a colabora, le propun două modalități de abordare (lecțiile de început) : o epistemologie (gândirea sistemică) și un set de instrumente tehnice (pentru modelarea sistemelor complexe). Prima este aproape universală ca valoare formativă; a doua este dependentă de domeniu. Gândirea sistemică trebuie să fie atitudinea intelectuală de bază: înainte de a izola o variabilă, trebuie să înțelegi sistemul din care face parte. Modelarea formală a sistemelor complexe este un instrument puternic, dar prematur dacă nu există deja o intuiție solidă a domeniului. Riscul este că doctoranzii devin fluenți în formalism și săraci în judecată. Ierarhia pe care aș propune-o: mai întâi gândire sistemică, apoi, selectiv, modelare formală.

4. Există un proiect, un rezultat științific sau o colaborare profesională care v-a influențat decisiv parcursul și pe care îl considerați reprezentativ pentru cariera dumneavoastră?

Răspuns: Am obținut calitatea de conducător de doctorat în 1991. Primul gând a fost acela de a găsi un domeniu de cercetare larg, în care să primeze studiul sistemelor complexe, și să promovez o metodologie de lucru bazată pe gândire sistemică. Structura de bază pentru organizarea activității de doctorat era cea propusă într-o carte publicată în 1990 de Peter Senge, intitulată *The Fifth Discipline*. Senge nu se referea explicit la activitatea de cercetare, dar oferea o perspectivă asupra ceea ce ar putea fi o Școală Doctorală creată în jurul unui mentor. Cele cinci discipline reprezintă abordări (teorii și metode) pentru dezvoltarea a trei capacități de învățare de bază: *încurajarea aspirației, dezvoltarea conversației reflexive și înțelegerea complexității*. De fapt, este vorba de 4 discipline care definesc activitățile comune: i) *Bagajul personal de cunoștințe* - este o disciplină de clarificare și aprofundare continuă a viziunii noastre personale, de concentrare a energiilor noastre, de dezvoltare a răbdării și de vedere obiectivă a realității; ii) *Modelele mentale* - sunt presupuneri, generalizări sau chiar imagini profund înrădăcinate care influențează modul în care înțelegem lumea și modul în care acționăm; iii) *Construirea unei viziuni comune* - o practică de descoperire a unor imagini comune despre viitor; iv) *Învățarea în echipă* - începe cu dialogul, capacitatea membrilor unei echipe de a suspenda presupunerile și de a intra împreună într-o gândire autentică. A cincea disciplină care le integrează pe celelalte patru este *Gândirea sistemică*.

Planul meu era ca pe cât posibil să formez o echipă competitivă de cercetare compusă din doctoranzi și foști doctoranzi care au obținut titlul de doctor, iar domeniul larg care să acopere diverse realizări punctuale să fie Aplicații Interdisciplinare ale Analizei Fractale. Primul meu doctorand și-a susținut teza în 1996. După 10 ani, echipa pe care mi-o dorisem avea cam 8 doctori (dintre care 4 erau cadre didactice universitare) și 5-6 doctoranzi. În 2006 echipa coordonată de mine câștiga prin competiție două proiecte de cercetare "pură" în cadrul programului național "IDEI", temele fiind "Mediu de simulare bazat pe rețele liber scalabile pentru modelarea proceselor biologice cu dinamică neliniară a evoluției" și "Utilizarea tehnicilor fractale în modelarea și optimizarea traficului în rețele informatice largi". Rezultatele spectaculoase obținute prin valorificarea unor proceduri de analiză fractală și de metode ale teoriei haosului în aplicații de modelare complexă a proceselor biologice și respectiv de stabilirea legăturii dintre natura fractală a traficului pe web și proprietățile de scalabilitate ale

topologiilor de rețea au marcat decisiv activitățile de cercetare ale colectivului în următoarele două decade.

5. În cercetare, succesul este adesea însoțit de perioade de incertitudine, eșecuri și rezultate care apar după ani de muncă. Cum ați învățat să gestionați aceste provocări?

Răspuns: După cum am afirmat în răspunsul (cam lung) la întrebarea precedentă, mi-am fixat obiective pe termen lung și am avut un plan pentru îndeplinirea acestora. Poate că nu le-am atins pe toate, s-au le-am realizat doar parțial, dar nu poate fi vorba de eșecuri, ci cel mult de amânări, în așteptarea unor condiții mai prielnice și/sau a unor instrumente de lucru mai evolute. Sigur, rămân regrete pentru tezele care nu au fost finalizate, din diverse motive, dar și aici rămâne speranța că vor fi reluate de alte persoane interesate.

6. Astăzi se vorbește frecvent despre inteligență artificială, digitalizare și Industry 4.0. Care dintre aceste direcții considerați că va genera cele mai importante oportunități de cercetare pentru următoarea generație de doctoranzi?

Răspuns: Aș vrea să semnaliez faptul că „Industry 4.0” este un concept cu vârful de relevanță în perioada 2016–2020. E adevărat că „fabricile inteligente” (sintagmă considerată semnificativă, pentru că apare chiar în titlul interviului) sunt un concept Industry 4.0, ca atare nu succedă IA, ci o preced sau o includ parțial. La nivelul anului 2026, discursul academic și european s-a reorientat spre „Industry 5.0” (centrare pe om, sustenabilitate, reziliență). Folosirea termenului 4.0 ca reper pentru „generația următoare” poate părea deja anacronică. Menționez acest lucru tocmai pentru a sublinia că referirea la o etapă tehnologică nu marchează o ”direcție” de orientare a cercetării. Pe de altă parte, Inteligența Artificială este integrată din ce în ce mai mult în descoperirile științifice pentru a spori și accelera cercetarea, ajutând oamenii de știință să genereze ipoteze, să conceapă experimente, să colecteze și să interpreteze seturi mari de date și să obțină informații care poate nu ar fi fost posibile doar folosind metode științifice tradiționale. Dezvoltarea IA este o provocare legată de puterea de calcul. Este, de asemenea, o provocare legată de talentul uman. Dar, mai presus de toate, dezvoltarea IA este o provocare legată de date. Disponibilitatea puterii de calcul, a talentului și a datelor testează exemplar capacitatea IA de a-și îndeplini așteptările extrem de mari. Un viitor fără IA este acum de neconceput.

7. De-a lungul carierei ați coordonat numeroși studenți, masteranzi și doctoranzi. Ce caracteristici observați la cei care reușesc să se transforme din buni studenți în cercetători valoroși?

Răspuns: Studenții buni știu să răspundă la întrebări; cercetătorii valoroși sunt deranjați de întrebările la care nu există încă răspuns. Aceasta este, probabil, distincția fundamentală. Dincolo de ea, câteva trăsături recurente: Toleranța la ambiguitate - nu panica în fața problemelor fără soluție clară; Onestitatea intelectuală față de propriile rezultate, inclusiv față de eșec; Curiozitatea laterală - capacitatea de a vedea conexiuni între domenii aparent dispartate; Autonomia progresivă - știu să ceară ajutor, dar nu au nevoie să li se spună ce să facă în fiecare etapă.

8. Cum vedeți relația dintre cercetarea fundamentală și cea aplicativă? Pot fi acestea separate sau succesul apare tocmai prin interacțiunea dintre ele?

Răspuns: Separarea este mai degrabă administrativă decât epistemică. Cercetarea fundamentală formulează întrebările bune; cea aplicativă testează dacă răspunsurile rezistă la contactul cu realitatea. Tensiunea productivă dintre ele este tocmai motorul progresului - iar cei mai buni doctoranzi sunt cei care o navighează conștient, nu cei care se poziționează exclusiv într-un registru.

9. Dacă ați începe astăzi un nou doctorat, ce problemă de cercetare v-ar provoca suficient de mult încât să îi dedicați următorii ani din viață?

Răspuns: Dacă e să glumim, ca să încep un nou doctorat ar trebui să găsesc mai întâi un îndrumător, cu care să discut tematica și apoi să încep cercetarea... căreia să-i dedic nu următorii, ci ultimii ani de viață. Dar aș formula altfel întrebarea: Ce problemă de cercetare i-ați propune unui student care și-ar exprima dorința să lucreze sub îndrumarea dumneavoastră? Aici lucrurile sunt mai simple, pentru că recent un doctorand a renunțat să finalizeze teza, și am rămas cu regretul nerealizării unei teme pasionante de cercetare, care începuse promițător. Este vorba de Geometria Fractală a Creierului, mai exact de studierea consecințelor funcționale ale fractalității și ale libertății de scală pentru calculul cerebral. Aceste proprietăți pot înzestra creierul cu capacități de calcul care transcend modelele actuale de calcul neuronal și ar putea deține cheia pentru a dezvălui modul în care creierul construiește percepții și generează comportament.

10. Privind spre viitor, care considerați că sunt competențele pe care studenții și tinerii cercetători ar trebui să le dezvolte pentru a rămâne relevanți într-un mediu tehnologic aflat într-o schimbare continuă?

Răspuns: Trei competențe mi se par esențiale și relativ stabile indiferent de schimbările tehnologice: gândirea (sistemică) critică aplicată la date (nu doar colectarea lor), capacitatea de a formula întrebări bune înainte de a căuta răspunsuri, și adaptabilitatea metodologică — adică disponibilitatea de a schimba instrumentele fără a pierde rigoarea. La acestea aș adăuga cultura interdisciplinară: problemele relevante nu mai respectă granițele disciplinare.

După o viață dedicată educației, cercetării și inovării, ce mesaj ați transmite unui student care se întreabă astăzi dacă merită să aleagă o carieră în cercetare?

Răspuns : Cercetarea nu este o carieră pentru cei care vor certitudine sau confort pe termen scurt. Este, în schimb, una dintre puținele activități în care incertitudinea este materia primă, nu un obstacol. Dacă un student simte că o problemă nerezolvată îl deranjează mai mult decât absența unui salariu predictibil, răspunsul este Da.

Mesaj pentru tinerii cercetători

Din răspunsurile profesorului Radu Dobrescu se desprind câteva idei esențiale pentru cei care își propun să urmeze o carieră în cercetare: importanța gândirii sistemice, necesitatea unei pregătiri solide, deschiderea către interdisciplinaritate și capacitatea de a înțelege

complexitatea fenomenelor dincolo de limitele unui singur domeniu. Experiența sa arată că progresul științific nu se construiește prin rezultate imediate, ci prin perseverență, colaborare și prin formularea unor întrebări relevante.

Într-o lume aflată într-o continuă transformare tehnologică, cercetătorii viitorului vor avea nevoie nu doar de instrumente performante, ci și de capacitatea de a integra cunoașterea și de a înțelege relațiile dintre sisteme, oameni și tehnologii.

Mulțumiri

Îi adresăm profesorului Radu Dobrescu profunda noastră recunoștință pentru timpul acordat acestui interviu și pentru generozitatea cu care a împărtășit experiențe, idei și lecții acumulate de-a lungul unei vieți dedicate educației, cercetării și formării oamenilor.

Pentru comunitatea academică a Universității „Valahia” din Târgoviște, profesorul Radu Dobrescu reprezintă mult mai mult decât o personalitate științifică de prestigiu. Timp de aproape un sfert de secol, a contribuit la dezvoltarea învățământului și cercetării universitare, a format generații de studenți, masteranzi și doctoranzi și a inspirat numeroși tineri să urmeze drumul cercetării. Cei cinci doctori formați sub îndrumarea sa în cadrul universității reprezintă una dintre cele mai valoroase moșteniri academice ale activității sale.

Doctor Honoris Causa al Universității „Valahia” din Târgoviște și mentor al multora dintre noi, profesorul Dobrescu a avut o contribuție esențială la consolidarea unei culturi academice bazate pe excelență, rigoare și colaborare. Pentru toate acestea, îi transmitem respectul, aprecierea și mulțumirile noastre sincere.

Acest dialog reprezintă nu doar un interviu cu un cercetător remarcabil, ci și un gest de recunoștință față de un profesor care și-a pus amprenta asupra dezvoltării unei întregi comunități academice.

Interviul face parte din obiectivele proiectului - *Centru de Networking și Dezvoltare a Carierei de Cercetare în Regiunea Sud-Muntenia* (CNDCSM), cod 5/16.11.2022, apel nr. PNRR-III-C9-2022-I10 – ERA TALENT PLATFORM, <https://cndsm.eu/index.php/ro/>