

Educația universitară în ingineria calculatoarelor: spre o abordare cultural-științifică

(Academic education in computer engineering: towards a cultural-scientific approach)

LUCIAN N. VINȚAN

*Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, Facultatea de Inginerie, Str. E. Cioran, nr. 4, 550025, Sibiu, România
Academia de Științe Tehnice din România, Bd. Dacia nr. 26, sector 1, București, România*

Information Technology is growing and developing in an exponential manner. Unfortunately, human brain capacity and its intellectual capabilities are not growing correspondingly. In this context, the question is: how could we effectively manage this semantic gap in Computer Engineering education? I believe the solutions involve a solid scientific background and a cultural background, too. Some personal experiences related to the Information Technology (IT) academic education process, the synergism between research and education, approaching IT education and research through a cultural paradigm etc. are presented. The conclusion is that the computer science and IT's future is education!

Keywords: Computer science and computer engineering, Information technology, Academic education, IT research, Science and culture

Convergența procesării informației cu tehnicile de comunicații, ilustrată elocvent în ultimii ani, mai ales prin dezvoltarea exponențială a Internet-ului, a determinat apariția unor enorme cantități de date, informații și cunoștințe reprezentate în forme dintre cele mai diverse și nestructurate. Această cantitate de date va fi sporită nu doar de dezvoltarea în continuare a Internet-ului, dar și de apariția unor tehnologii emergente, precum sistemele de calcul dedicate, sistemele mobile și respectiv sistemele omniprezente de prelucrare a informației (paradigma „*Ubiquitous Computing*”). Generalizarea Internetului – inclusiv prin modele de tip *Internet of Things*, sistemele de achiziții de date organizate în rețele de senzori, sateliți, drone, camere video, rețele de socializare etc., accentuează semnificativ această tendință. Ca urmare, aplicațiile software de astăzi au un caracter computațional intensiv, dar și data-intensiv. În acest context, devine clară necesitatea extragerii eficiente de informații relevante și cunoștințe din aceste masive de date puternic distribuite și eterogene. În asemenea scopuri, au fost dezvoltate metodele de *Data Mining*, reprezentând tehnicile de extracție a informațiilor și cunoștințelor existente în date, informații necunoscute apriori și de un folos potențial pentru utilizatori.

Un alt concept emergent și conexe este acela de *Big Data*, aflat în strânsă legătură cu cel numit *Data Deluge* – reprezentând faptul că, astăzi, datele noi se generează într-un ritm exponențial, superior ca rată de dezvoltare celui dat de legea empirică a lui *Gordon Moore* (cofondator *Intel*), în virtutea căreia capacitatea circuitelor de memorie se dublează la fiecare interval de aproximativ 18 luni. *Big Data* nu este datorat doar cantității uriașe de date disponibile, ci și eterogenității acestora (caracterului lor oarecum anarhic), respectiv vitezei lor de modificare. Aceste caracteristici influențează negativ capacitatea de stocare și de prelucrare a acestor date, în special în condiții restrictive de timp real. Algoritmii din domeniul învățării automate (*Bayes*-ieni, neuronal -supervizați sau nesupervizați, bioinspirați, evoluționiști, tip *Support Vector Machine* etc.) s-au dovedit extrem de utili în dezvoltarea unor metode eficiente de *Data Mining*. Modelele de programare existente în calculul paralel și distribuit scalabil, precum *MapReduce* spre exemplu (v. <https://en.wikipedia.org/wiki/MapReduce>), pot fi deosebit de utile în vederea implementării eficiente a unor asemenea metode complexe de *Data Mining*, având în vedere că, astăzi, sistemele *multi-core/many-core* eterogene sunt ubicue.

Față de acum 10-15 ani, aplicațiile informatice au caracteristici noi, fiind mult mai inteligente și mai conectate la diverse sisteme și aplicații, în general prin intermediul Internetului. În plus, în mod frecvent, aceste aplicații controlează mediul, lumea digitală (virtuală) influențând direct lumea fizică (*Cyber-Physical Systems*). Mai mult, pe lângă nevoia de performanță, au apărut cerințe nonfuncționale suplimentare, relativ noi, ale aplicațiilor software, precum consumul limitat de putere/energie (esențial într-o lume a dispozitivelor mobile), fiabilitate, robustețe, securitate etc., care trebuie asigurate, încă din faza de proiectare [1]. Toate acestea pun o presiune fantastică pe specialiștii din domeniul tehnologiei informației, care trebuie să se adapteze continuu la asemenea schimbări majore de paradigmă.

Așadar, tehnologia informației evoluează după legi de creștere exponențiale, de tipul celebrei legi empirice a lui *Gordon Moore*. Din păcate, capacitatea de memorare și de inferență a creierului uman nu se dezvoltă pe măsură (dimpotrivă parcă, mai ales dacă recitim operele unor fertili înaintași – v. *Platon* sau *Descartes*, spre exemplu.) În aceste condiții, stăpânirea complexității în cadrul procesului de învățare, cercetare și proiectare reprezintă o problemă deschisă, de mare interes. Dacă avem atât de mult de învățat, cum mai putem fi “la zi” cu progresul științific și tehnologic, chiar și în domeniul nostru de studiu? Dacă progresul este atât de agresiv, cum mai putem fi creativi? În particular, modul optim de predare în învățământul universitar din domeniul științei și tehnologiei informației constituie o provocare, căreia este extrem de dificil să-i găsești un răspuns competent. Fără pretenția de a rezolva asemenea probleme, în continuare, voi prezenta câteva gânduri conexe, izvorâte din propria activitate de educație și cercetare în domeniul sistemelor de calcul (*Computer Engineering*). Oricum, indiferent de soluțiile concrete care se vor da în viitor, este clar că educația de calitate în domeniul acesta trebuie să aibă un *background* științific și cultural solid. *Text-book*-uri internaționale de mare prestigiu în domeniu confirmă această opinie [2, 3]. Din acest punct de vedere, viitorul tehnologiei și al științei cred că este același cu viitorul educației!

În acest context, este benefic să încercăm, în cadrul cursurilor susținute, să spulberăm studenților noștri anumite iluzii comode. Spre exemplu, să le arătăm într-un mod convingător, că procesul de învățare este unul esențialmente individual, deosebit de profund. De unde, în consecință, și o oarecare singurătate asumată, a oricărui intelectual autentic, oarecum inclusă în „singurătatea matematicianului”, descrisă magistral în [4]. (În opinia mea, începi să devii intelectual odată cu prima noapte în care te-ai

ridicat din pat pentru a verifica „soluția” care ți-a trecut prin cap la o problemă care te frământa.) În cadrul procesului de învățare, nu trebuie să înțelegi doar de ce-i așa, ci și de ce n-ar fi altfel? Trebuie să fii critic, să privești cu suspiciune orice afirmație a expunerii profesorului. Deseori, din punerea în discuție a unor axiome sau a unor aparente evidențe ori tautologii, au apărut universuri științifice noi (precum geometriile neeuclidiene, spre exemplu, create de *Gauss*, *Bolyai*, *Lobachevski*). Un curs bun nu te învață, ci doar te introduce într-o disciplină. Îți arată problemele importante în contextul lor natural-istoric (adică insistând pe geneza acestor probleme) și îți schițează doar soluțiile esențiale, împreună cu limitările intrinseci ale acestora. Iar, dacă profesorul procedează în acest spirit, este suficient, pentru că mai mult nu se poate face prin cursuri! Cine dorește mai mult, și toți ar trebui să dorească, trebuie să investigheze, pe cont propriu, prin studiu individual aprofundat. De unde, repet - o singurătate asumată a intelectualului, fie el și în devenire.

Este o mare șansă pentru studenți, dacă titularul de curs este activ, creator, el însuși un cercetător în domeniul respectiv. Iar, dacă este așa, acesta va putea recunoaște faptul că anumite capitole ale cursului, pe care nu le-a aprofundat prin cercetări proprii, nu le stăpânește la un nivel avansat. Acest fapt nu constituie o rușine, ci un act de o minimă onestitate, provenit din faptul că universul cunoașterii este nelimitat. Sunt convins că, în mediul universitar românesc, există astfel de dascăli vii, onești și competenți deopotrivă, care aruncă semințe fertile în mințile, dar și în sufletele studenților lor.

Personal, mi-am descoperit pasiunea pentru activitatea didactică, prin nevoia de a comunica pe plan profesional și de a incita studenții la mici aventuri intelectuale. Dacă nu aș fi avut permanent speranța că voi trezi, măcar într-unul dintre cei care mă audiază, o sămânță, cred că aș fi renunțat de mult. Activitatea didactică, dacă este făcută atent și responsabil, potențează activitatea științifică, mai ales în anumite aspecte fundamentale ale cercetării. Eu cred că actul creator, la nivel intelectual, este, deseori, huliganic, anarhic. Adică sparge bunul-simț, normele, intuiția comună, așa cum, spre exemplu, geniul lui *Albert Einstein* a înlăturat prejudecata, încetățenită ancestral în creierile oamenilor, anume că spațiul și timpul sunt independente. Însuși *Immanuel Kant*, o altă minte atinsă de geniu, credea că timpul și spațiul reprezintă intuiții apriorice ale sensibilității noastre... și cam atât. Dimpotrivă, a arătat *Einstein*, sfidând simțul comun, măsurătorile, privind lungimea și intervalele de timp, depind de starea de mișcare a observatorului. A rezultat, de aici, echivalența dintre materie și energie, exprimată prin

celebra formulă, atât de profundă, dar în același timp simplă și frumoasă.

Respectând proporțiile, încerc și eu să le arăt studenților mei din domeniul numit oficial „Calculatoare și tehnologia informației”, că un spirit viu poate descoperi aspecte fascinante, inedite, ascunse, deseori, în chiar comoditatea gândirii noastre. Astfel, spre exemplu, le-am arătat că sub aparența ternă a principiului statistic de vecinătate temporală a instrucțiunilor și datelor, din ingineria sistemelor de calcul (*temporal locality*), se ascunde ceva mai interesant, de mare fertilitate tehnică, precum principiul statistic de vecinătate temporală a valorilor instrucțiunilor dinamice (*value locality*) [5, Cap. 6]. Acesta afirmă, în esență, că o instrucțiune, adusă de microprocesor din memorie, nu numai că are șanse semnificative să fie adusă din nou într-un interval de timp relativ scurt (*temporal locality*), dar rezultatul produs de aceasta are șanse importante să se situeze în vecinătatea temporală a anterioarelor K rezultate produse de instanțele anterioare ale aceleiași instrucțiuni (*value locality*). Așadar, conceptul de *value locality* reprezintă o generalizare utilă a mai cunoscutului concept de *temporal locality* – acesta din urmă atât de util în explicarea eficienței memoriilor *cache*, spre exemplu. Un singur cuvânt adăugat, care însă lărgeste semnificația, cu urmări practice spectaculoase, în mod surprinzător! Din miile de profesori care au predat “plictisiți” de repetări nenumărate, acest principiu statistic al vecinătății temporale a instrucțiunilor de-a lungul zecilor de ani (inclusiv autorul acestui articol!), unul singur, pe numele său *Mike Lipasti* (de la Universitatea din *Wisconsin Madison*, SUA), s-a „trezit” și a intuit, apoi a demonstrat, o interpretare mai adâncă, inedită, cu aplicații practice dintre cele mai utile în implementarea microprocesoarelor cu procesări predictiv-speculative ale instrucțiunilor. Morala acestui exemplu simplu invită la o gândire critică, curioasă, atentă, conștientă de faptul că fascinația ineditului poate fi ascunsă, uneori, în cele mai crase banalități.

Mărturisesc că, în ultimii ani, sunt tot mai uimit de profunzimea științei autentice. Scriu „autentice”, pentru că, din păcate, există un curent de mimare a cercetării științifice și chiar de trucare a valorilor, prin practici regretabile, care țin inclusiv de impostură, plagiat etc. [6]. Este important să recomandăm studenților noștri să studieze realizările maestrilor științei (și nu a epigoniilor acestora.) Este esențial ca acești studenți să găsească răgazul unor asemenea îndeletniciri culturale, pentru că, astfel, se vor înălța înspre idealul de ființă umană cultă și inovatoare, deopotrivă. Spre exemplu, în domeniul științei și ingineriei calculatoarelor, dar nu numai,

studiul operei lui *Turing* poate conduce la descoperirea unor profunzimi nebănuite, dar și la descoperirea unor limitări fundamentale ale conceptului de algoritm (v., spre ex., conjectura *Church-Turing*) – piatra de temelie a științei noastre! Sau a operei lui *Dijkstra*, cel care vedea în “arta programării calculatoarelor”, o provocare intelectuală majoră. Concepte esențiale, precum mașina *Turing*, entropia informațională (*C. Shannon*), câștigul informațional (cu implicații fertile în selecția atributelor relevante și în procesele de clasificare automată) și alte noțiuni de teoria informației, respectiv de teoria complexității calculului, nu ar trebui să lipsească din pregătirea de bază a oricărui student al domeniului “calculatoare și tehnologia informației” („tehnologia” nu este posibilă fără o teorie matură, riguroasă.) Cred că asemenea cunoștințe teoretice, împreună cu altele, referitoare la aplicațiile matematicii (discrete) în știința calculatoarelor, ar trebui reluate și aprofundate în cadrul studiilor masterale-doctorale, în virtutea dictonului strămoșesc “*Repetitio est mater studiorum*”. Printr-o astfel de pregătire fundamentală solidă, absolvenții vor putea viza nu doar profesii prin care să scrie cod după specificații, în fabrici de profil, ci și profesii mai elitiste, precum acelea de arhitect de sisteme hardware-software, cercetător științific etc.

În continuare, voi prezenta trei exemple personale, sper molipsitoare măcar pentru unii dintre tinerii „calculatoriști”, referitoare la provocările și bucuriile activității științifice în domeniul sistemelor de calcul.

În urmă cu mai mulți ani, am observat că, în anumite condiții, sistemele de calcul pot avea un comportament pe care, în mod empiric, l-aș fi putut caracteriza ca fiind unul „aleator”, haotic, impredictibil. Acest fapt intra în contradicție însă cu caracterul determinist al programelor rulate. Cercetând mai în profunzime, am ajuns să înțeleg mult mai bine noțiunea de aleator, pe baze matematice rafinate. Concluzia, exprimată plastic, a fost că aleatorismul comportamental al sistemului era cauzat de o complexitate excesivă a procesărilor sale, ascunsă însă observatorului. Studiul genului proxim și al diferențelor specifice, între noțiunea de aleator și concepte conexe, precum cele de predictibilitate, complexitate a calculului, compresibilitate, entropie informațională etc., mi-au pus în lumină nu doar frumusețea științei, dar și unitatea acesteia dintr-o perspectivă filosofică [7]. (Doar un exemplu în acest sens: referitor la conceptul de șir aleator de simboluri este știut faptul că mulțimea numerelor raționale este numărabilă. Mulțimea numerelor iraționale pe care noi, oamenii, le putem identifica, în mod determinist,

este, de asemenea, numărabilă. Rezultă că majoritatea numerelor reale, constituind mulțimea numerelor reale de tip irațional transcendent, este nenumărabilă! Acestea sunt necalculabile-*Turing*, nu pot fi generate algoritmic, deci zecimalele lor sunt secvențe pur aleatoare, de entropie informațională maximă! Așadar, aleatorul există, este infinit-majoritar, dar nu-l putem exprima! Ce mister... Iată deci că există realități care nu sunt de natură algoritmică și, în consecință, știința calculatoarelor, în paradigma ei actuală, este fundamental limitată.)

Un alt exemplu: ocupându-mă de optimizarea multiobiectiv a unor sisteme de calcul complexe, am dezvoltat și utilizat, în acest sens, inclusiv metode de tip *Pareto* [8]. Într-o bună zi, am avut o mică revelație, anume că elementele unei hipersuprafețe *Pareto* nu sunt „egale” (nondominante), așa cum consideră toate abordările actuale. Dau un exemplu, accesibil oricui, în acest sens: eu nu pot accepta că un student care a obținut nota 10 la toate disciplinele, cu excepția sportului, unde a obținut nota 5, este „egal” cu un altul, care a obținut nota 5 la toate disciplinele, cu excepția sportului, unde a obținut nota 10! Or metoda *Pareto*, în anumite condiții, tocmai asta susține! O metodă mai adecvată, cred că ar trebui să aloce grade de apartenență diferite elementelor aparținând mulțimii *Pareto*, printr-o abordare în spiritul logicilor nuanțate ale lui *L. Zadeh* sau *Gr. C. Moisil (fuzzy)*. Așadar, eu cred că mulțimea *Pareto* este una de tip *fuzzy* și nu una de tip clasic (boolean), așa cum se consideră astăzi. Această constatare ar putea conduce la o nouă teorie, mai generală, a optimizării sistemelor complexe. O posibilă temă de doctorat pentru un tânăr de ispravă.

Un ultim exemplu: în același cadru de optimizare multiobiectiv a unor sisteme de calcul complexe, am încercat să îmbunătățesc algoritmi euristici generali de optimizare (*genetici, particle swarm etc.*), prin inserarea unor cunoștințe de domeniu în cadrul acestora, exprimabile prin reguli logice de tip *fuzzy* [v. 8, pentru o sinteză]. Am ajuns, astfel, la o problemă care transcende problematica strictă a sistemelor de calcul, anume aceea a stabilirii gradului de contradicție al unui asemenea set de reguli, exprimate în logici nuanțate. Am arătat că problema se reduce, în esență, la aceea a măsurării similarității/disimilarității a două mulțimi *fuzzy* [9]. Dacă acest grad de contradicție este „prea mare”, evident, că ontologia nu va acționa benefic asupra algoritmilor de optimizare. În acest caz, se pune întrebarea: care dintre regulile logice ar trebui eliminate pentru a reduce gradul de contradicție? Dacă, însă, gradul de redundanță între anumite reguli este prea mare (avem deci reguli similare), se pune

aceeași întrebare. Momentan nu cunosc răspunsurile la asemenea întrebări.

Desigur că rezolvarea unor asemenea probleme de interes științifico-tehnic general, implică metode matematice puternice. În general, investigațiile din domeniul științelor ingineresti care nu se bazează pe metode matematice avansate - sau care nu contribuie, în mod direct, la dezvoltarea unor asemenea metode - reprezintă doar o iluzie, o contrafacere. Matematica și informatica actuale oferă suport semnificativ oricărei științe, inclusiv celor umaniste. În științele ingineresti, abordările matematice și informatice constituie, repet, condiții *sine qua non*.

Cred că satisfacția cea mai mare în activitatea didactică universitară vine atunci când profesorul își poate personaliza cursurile cu exemple semnificative, convingătoare, din propria activitate de cercetare. Atunci, expunerea devine, în mod cert, una mult mai animată (și participarea studenților, la fel!), prezentând, în mod mai profund, geneza problemei, abordările inițiale, inclusiv ale celor care nu au avut succes, rafinările ulterioare ale acestora, erorile inerente, căutările etc. Sunt rare, dar înălțătoare, clipele în care poți expune un eveniment din postura de participant și nu doar din aceea de simplu protagonist al unei „predanii” (*sic!*) În asemenea cazuri, nu rezultatele obținute de profesor sunt importante, ci faptul că acesta, un om mai matur decât studenții săi, cel puțin în domeniul disciplinei respective, are generozitatea, dar și curajul, de a-i invita în intimitatea gândirii lui creatoare (dacă o fi, și câtă o fi!), pentru că într-o universitate cunoașterea nu trebuie doar predată, ci trebuie și produsă, cu modestie și cu onestitate.

Pe plan profesional, am recomandat, întotdeauna, mai tinerilor mei colaboratori să cerceteze orice subiect li se pare interesant. Să nu se oprească în acest demers, din cauza unor taxonomii pedant-artificioase, gen cercetare teoretică vs. experimentală, exploratorie vs. incrementală, fundamentală vs. aplicată etc. Provocarea cognitivă, cel puțin în viziunea mea, primează asupra celei utilitare. Altfel spus, a ști pentru a înțelege, este mai important pe planul dezvoltării umane decât a ști pentru a face! O cercetare, ca să fie autentică, trebuie să îți trezească interesul și să aibă baze logice și metodologice solide. Atât! Spre exemplu, algebra logică a lui *George Boole* era criticată chiar de către matematicienii secolului al XIX-lea, pe motivul că nu ar avea nicio utilitate practică, deși ea avea în vedere tocmai corectitudinea raționamentului uman. (Ce poate fi mai practic decât luarea unor decizii, pe baza unor raționamente corecte din punct de vedere logic? Important era pe atunci, în special, calculul diferențial și integral, cu aplicații practice remar-

cabile în mecanică, electrotehnică etc.) Au trebuit să treacă aproape o sută de ani de la nașterea algebrei logice booleene, până când un tânăr masterand de la MIT, pe numele său *Claude Elwood Shannon*, să demonstreze în disertația sa celebră, utilitatea algebrei *Boole* în construcția calculatoarelor.

De asemenea, este importantă încadrarea preocupărilor profesionale într-un cadru cultural mai vast. Astfel, tânărul studios va avea șansa de a-și croi viața ca un om întreg. Renascentiștii numeau acest tip de om, *homo universalis* (lat.), iar *Leonardo da Vinci* l-a întruchipat, probabil, cel mai bine. Din păcate, eu cred că nicio instituție nu va stimula un asemenea demers. Lumea de azi, dominată de marile corporații, este una prea grăbită și superficială, în dorința ei, uneori fanatică, de eficiență. Iar eficiența nu este totuna cu înțelegerea. Spre exemplu, poți instala din punct de vedere *hardware-software* o rețea de calculatoare, în mod eficient, dar fără să ai habar de algoritmi de rutare pe care aceasta îi implementează. O abordare culturală se situează tocmai la antipod: ea nu are în vedere doar înțelegerea profundă a “ceea ce nu se vede”, ci și plasarea adecvată a acestei înțelegeri în edificiul general al spiritualității umane. Din acest punct de vedere, cultura este, oarecum, similară cu... agricultura: dacă aceasta din urmă face pământul mai rodnic, cultura îți poate face viața mai rodnică, dar și mai frumoasă.

În acest sens, este de dorit ca un cadru didactic universitar să schițeze studenților săi o axiologie profesională adecvată, situată în paradigma științifică universală, cel puțin în domeniul disciplinelor prezentate. Acest demers axiologic este unul esențial în contextul unei societăți românești, dar nu numai, cu valori bulversate în mai toate domeniile [10]. Un intelectual autentic trebuie să caute continuu modele profesionale, dar și umane, fertile, pentru a da un sens mai amplu propriei vieți! „Ce repere umane din știință, tehnologie și cultură ai în viață?” - iată o întrebare esențială, nu doar pentru orice student, dar și pentru orice intelectual adevărat. Fără să căutăm răspunsuri la această întrebare, valorile umane autentice, în modestia și în discreția lor, pot trece pe lângă noi, fără să le putem percepe, din cauza propriei inculturii și amorțiri. Sunt mult mai vizibili „caii de circ”, cum numea *C. Noica*, falsele valori, vedetismele conjuncturale, decât cei „de rasă”. Mergând pe acest drum al educației integrate în cercetarea științifică și în ansamblul culturii generale, poate, odată, vom putea afirma și noi, dascăli și studenți deopotrivă, din toata inima, asemenea unui mare om de cultură, printre altele inclusiv precursor al științei calculatoarelor, pe numele lui *Gottfried Wilhelm von Leibniz*: „Trăim în cea mai bună dintre lumi posibile!”

Bibliografie

- [1] M. DURANTON et al, *HiPEAC Vision 2015*, disponibil online la https://www.hipeac.net/assets/public/publications/vision/hipeac-vision-2015_Dq0boL8.pdf.
- [2] J. HENNESSY, D. PATTERSON, *Computer Architecture: A Quantitative Approach*, Morgan Kaufmann (Elsevier), 5-th Edition, 2011.
- [3] Y. PATT Y, S. PATEL, *Introduction to Computing Systems: from Bits and Gates to C and Beyond*, McGraw Hill, 2003.
- [4] S. MARCUS, *Singurătatea matematicianului*, Discurs de recepție la Academia Română, 27 martie 2008, v. http://www.acad.ro/com2008/pag_com08_0327Marcus.htm.
- [5] L. N. VINȚAN, *Prediction Techniques in Advanced Computing Architectures* (în limba engleză), Matrix Rom Publishing House, Bucharest, ISBN 978-973-755-137-5, 2007.
- [6] L. N. VINȚAN, *Despre trucarea valorilor științifice (About the scientific values' falsification)*, Revista de Politica Științei și Scientometrie – Serie nouă, **3(4)**, 304 (2014).
- [7] L. N. VINȚAN, A. FLOREA, A. GELLERT, *Random Degrees of Unbiased Branches*, Proceedings of The Romanian Academy, Series A: Mathematics, Physics, Technical Sciences, Information Science, **9(3)**, 259 (2008), Bucharest.
- [8] L. N. VINȚAN, *Multi-Objective Optimization of Advanced Computing Systems: Some Achievements and Fertile Work Directions*, Romanian Journal of Information Science and Technology (ROMJIST), **17(2)**, 121 (2014), Romanian Academy, Bucharest.
- [9] L. VINȚAN, *Degrees of Contradiction for Fuzzy Logic Rules implementing Computer Architecture Ontologies (Grade de contradicție pentru ontologii de domeniu reprezentate prin logici fuzzy)*, Revista Română de Informatică și Automatică, Editura ICI, București, **23(3)**, 23 (2013).
- [10] L. N. VINȚAN, *Spre o mai adecvată ierarhizare a valorilor în sistemul academic românesc (Towards a more adequate "axiology" in the Romanian academic system)*, Revista de Politica Științei și Scientometrie - Serie nouă, **3(1)**, 55 (2014).

Autor corespondent: lucian.vintan@ulbsibiu.ro