

Informatica Teoretică – informatica nu numai ca tehnologie (Theoretical Computer Science – Computer Science not just a technology)

DRAGOȘ VAIDA

Facultatea de Matematică și Informatică, Universitatea București

This paper provides background ideas, motivations of theoretical or historical nature and references to show the relevance of the Theoretical Fundamentals of Computer Science for the understanding of the development of the field and of its applications, e.g. programs composition and languages. Different developments in Theoretical Computer Science considered here are related to the algebraic approach to semantics – due e.g. to D. E. Knuth, M. Nivat [3], E. Manes, M. Arbib, M. Steenstrup, Mihail Benado, the Romanian mathematician who has introduced partial monoids and multilattices [8] - and to the Romanian school due to Gr. C. Moisil [2], [6], [7], [9], [13] and S. Marcus with their followers. The present paper is a continuation of [14].

Key words: *Computer science, Computer science in Romania*

1. Avem zile și activități din care informatica nu face parte?

Din ce în ce mai greu, separăm viața noastră, chiar de la primele ore ale unei zile, de informatică. Informatica intervine ca instrument de lucru indispensabil în prognoza meteo, verificarea corespondenței electronice, consultarea presei, localizarea adreselor și identificarea persoanelor care ne interesează, căutarea itinerariilor, trimiterea unor declarații de interes, punerea unor candidaturi, aflarea rezultatelor la examene, ascultarea unor programe tv, rezervarea biletelor la spectacole sau zboruri, asamblarea documentației necesare, cărți, articole sau statistici – și lista tinde să nu se mai sfârșească.

Într-un răspuns recent, Acad. Solomon Marcus citează opinia Prof. Nicolae Manolescu, potrivit căreia suntem sclavi ai internetului. Nu devenim dependenți de internet, ci de informații de genul amintit mai sus. Dacă încercăm să facem o istorie a dependențelor noastre trebuie să începem cu dependența de Galaxia Gutenberg, de *privilegierea în comunicare a mesajului scris*, până la exclusivitate.

Varietatea aplicațiilor și miniaturizarea fac din computer o unealtă pe care punem mâna mai des decât pe oală, farfurie sau coală de hartie. Legată din ce în ce mai mult de telefonul mobil, discutabil. Dacă nu cumva chiar cu o influență mai mică decât acesta, informatica, puternic legată de comunicații, este

realizarea prin care *știința și tehnica* intră împreună în viața noastră de zi cu zi. Acest impact face necesară considerarea câtorva repere conceptuale din itinerariul parcurs de informatică.

2. Articolul de față – de ce?

Informatica ne oferă un instrument de lucru care, azi, înseamnă un *ansamblu fizic-hardware*, dar și un *mod de operare-software*, un *sistem* în care *știința și tehnologia* își concertează eforturile și, în ochii utilizatorului, se contopesc. Informatica ne-a obligat să distingem componentele menționate, dar și să gândim funcționarea lor *împreună*. Tehnologia este materializată de tastatură, ecran, printer, conexiuni, CD-uri, stick etc. Când ceva nu merge, trebuie să recurgem la înțelegerea mentală și deducție. Dacă, însă, vrem să depășim condiția primitivului fascinat de jucării, să depășim *magia, ticul butonării infinite*, cu atât mai mult, dacă vrem să participăm, într-un fel sau altul, la progresul domeniului, atunci trebuie să ne gândim la *partea nevăzută a aisbergului*, de fapt mai puțin văzută, la *știința suport*. Progresul este datorat tehnologiilor, dar și dezvoltărilor privind *suportul științific* format de *bazele matematice* ale calculului, care constituie, ceea ce se numește astăzi, *informatică teoretică* sau *informatică fundamentală* sau *asigurarea matematică* a domeniului, termen

bine ales în rapoartele ICI (institutul nostru de informatică), mai demult.

Facem, astăzi, curent, distincția *hardware* – echipamente vs. *software* – programe, metode ș.a. Această distincție trebuie făcută consecvent și în ceea ce privește *natura mult diferită* a domeniilor implicate, recunoscând, pe de o parte, *tehnologia informației* (înregistrarea, transmiterea și operarea datelor, echipamentele necesare ș.a.) și, pe de altă parte, *modelele formalizate matematic* ale proceselor de calcul și *algoritmii* de prelucrare în sisteme generale, modele abstracte, inevitabil de proveniență matematică.

Articolul de față este o continuare a articolului [14] ceea ce ne dispensează de reluări. Nu se face o pledoarie pentru mai multe resurse financiare, deși acestea sunt *categoric necesare*. Ca poziție absolut personală, deși nu promovez ignorarea realităților, consider că *obiceiul de a vorbi de dimineață până seara despre bani* este unul dintre cele mai *proaste obiceiuri*. Începutul unui discurs cu o cerere de fonduri îmi sugerează, mai degrabă, îndoieli. Gestul cel mai puțin productiv este acela de a începe prin a cere fonduri – pentru ce ?, dar mai ales pentru cine ?, într-o țară cu multe datorii, suprasolicitată de binefaceri externe, în care *achiziția publică și privatizarea* au devenit o veritabilă Loterie Borges. Prin contrast, sugerez necesitatea unor pași precum definirea mai clară a noțiunilor cu care lucrăm, analizarea domeniilor concurente, alegerea obiectivelor și acțiunilor prioritare (scop, colaborări, resurse, derulare), evaluarea necesităților privind formarea cadrelor de specialiști ș.a. Acestea nu trebuie considerate ca operații secundare, deși ar putea să stârnească ironia unor consilieri pragmatici exclusiviști, specialiști de *dată recentă*.¹

Într-un domeniu de evidentă importanță națională, precum informatica, nu ne putem mulțumi cu o simplă *navigare la vedere*, este necesar să avem o strategie gândită printr-un efort intelectual pluri-disciplinar.

3. Cu ce se ocupă informatica teoretică?

Informatica teoretică este un domeniu la *intersecția dintre informatică și matematică*. Examinând modul în care cele două științe se interacționează,

distingem diferite direcții/palieri notate (a)-(d) în continuare:

(a) *matematica discretă* pentru informatică, adică acel grup de discipline pur matematice pe care specialiștii le consideră necesare în formarea unui informatician, de exemplu – teoria grafurilor;

(b) *fundamentele matematice ale informaticii* în care sunt studiate și dezvoltate atât *matematizarea/formalizarea* unor capitole ale informaticii, de exemplu – teoria limbajelor de programare și a implementării acestora prin programe de compilare, cât și *bazele teoretice* ale informaticii în care se includ teoria (matematică) a limbajelor formale și semanticii, teoria calculabilității (Post, Church, Turing, Kleene), teoria automatelor, a complexității, apărută în deceniul 1960-1970, teoria tipurilor de date sau logica matematică, vezi [6] și [14] pentru explicații;

(c) *structuri matematice* sugerate de informatică sau, invers, găsite mai întâi în matematică și ulterior aplicate în informatică, de exemplu – semiinelele sau structurile de ordine de tip multilattice;

(d) *algoritmi și modele* pentru aplicarea informaticii în diferite domenii, exemple – analiza algoritmilor inventată de Donald E. Knuth și prezentată în monumentală sa sinteză *The Art of Computer Programming*, întreprinsă din 1965, tradusă și la noi, sau metodele de clasificare. Varietatea autorilor și lucrărilor, în diferite perioade, conduce însă la combinarea genurilor, imposibil de clasificat riguros.

Construirea limbajelor de programare ca și organizarea și documentarea unui software cer cunoștințe de matematică organizate în discipline, următoarele fiind *indispensabile* (în paranteză sunt dați anii începând de la care a început predarea la Facultatea de matematică, Universitatea București (UB), vezi [9]): *Algebra abstractă modernă* (1932); *Logica matematică* (1933); *Teoria algoritmilor* (1962).

Din experiența directă și studii, semnalez legătura dintre elaborarea unei demonstrații matematice și scrierea unui program care poate fi schema unui raționament. De multe ori, programarea comportă o *conceptualizare* prin introducerea unor noțiuni și o *formalizare* a materialului de lucru, de exemplu, pentru compunerea programelor sau verificarea corectitudinii acestora; pentru explicații mai ample, vezi [5], [14]. Semnalez monografia lui George Dyson [4] care mi-a plăcut pentru legăturile foarte interesante pe care le face între matematică și informatică, de exemplu – citarea lui Stan Ulam care găsește că interesul lui John von Neumann pentru calculatoare își găsește germenii în axiomatizarea teoriei mulțimilor de care marele matematician și informatician s-a ocupat. Limitele formalismului

¹ Este expresia lui Dan Barbilian – Ion Barbu la adresa lui AH (?) care tindea să ironizeze teoremele de descompunere ale algebrei ale profesorului, la unison cu primarul Dănilache, din anii 60, care se mai și arăta scandalizat că matematicianul se ocupă de *teoria idealelor*, în plină dezvoltare a socialismului.

finitar sunt găsite în legătură cu conceptul de mașină, vezi [4, p. 50].

4. Cum a apărut informatica teoretică?

Maurice Nivat, unul dintre părinții informaticii teoretice, știință a *logiciel*-ului în terminologia franceză, dă anul 1970 ca dată de naștere a informaticii teoretice, vezi [3]. Domeniul a fost lansat în conștiința publică în împrejurări neobișnuite, într-o conferință de presă susținută de Maurice Nivat, Marcel-Paul Schützenberger, André Lichnerowicz și Jacques-Louis Lions, toți matematicieni iluștri. Disciplinele subsumate noului domeniu erau la început *teoria limbajelor și automatelor, algoritmica și teoria programării*. După 40 de ani de dezvoltare a informaticii teoretice, Maurice Nivat constată că numărul cercetătorilor implicați a devenit de 50 de ori, dacă nu chiar de 100 de ori mai mare [3]. Considerarea informaticii sau măcar a unei importante părți din aceasta ca o disciplină esențial orientată către matematică și, în orice caz, ca o disciplină cu rigori de cel mai înalt nivel, a fost în anii 1960+ și este și acum o *revoluție conceptuală* încă nedesăvârșită.

Primele dezvoltări ale informaticii la noi sunt foarte bine prezentate în articolul profesorului Gr. C. Moisil [9] din 1970, reprodus în volumul [7] care se ocupă tocmai de unele contribuții ale profesorului și ale continuatorilor săi în domeniul informaticii teoretice. Prezentarea [9] acoperă intervalul 1957-1969, de la încadrarea primilor matematicieni (Nicolae Moldovan, Ion Zamfirescu și autorul DV al prezentului articol) la IFA (Institutul de Fizică Atomică al Academiei), Laboratorul de mașini de calcul condus de ing. Victor Toma, membru de onoare al Academiei, și momentul deplasării accentului de la proiectele românești la importul de calculatoare moderne, urmare a intrării în rol a Comisiei Guvernamentale conduse de acad. Mihai Dragănescu.

Articolul citat relevă ca realizări majore:

(i) studiile de algebră și logică ale autorului și școlii sale;

(ii) apariția a două domenii noi în literatura științifică de la noi și de peste hotare și anume *lingvistica matematică*, datorată acad. Solomon Marcus și *teoria programării pseudo-booleene*, datorată profesorilor Sergiu Rudeanu și L. P. Hammer-Ivănescu;

(iii) lucrările de programarea calculatoarelor, tehnică și teorie, exemple de studii îndrumate de profesorul Gr. C. Moisil fiind lucrările [11], [12] și mai cu seamă [10]. O piatră de hotar a fost apariția

cărții acad. Solomon Marcus *Gramatici și automate finite* (1964), probabil prima în domeniu pe plan mondial. Evenimentul trebuie să-l reținem și ca naștere a informaticii teoretice în România.

Concepția, de la acea, dată de la noi, este reflectată în monografia [2], din 1971, care asociază prin titlu, Logica, Automatica și Informatica. Profesorul Gr. C. Moisil mi-a explicat că acest titlu îi exprimă viziunea asupra informaticii.

Semnalez că în acei ani de debut, la noi s-a afirmat Prof. Virgil Căzănescu, ca discipol al curentului de idei Maurice Nivat. A ținut cursuri și a scris despre gramatici algebrice peste un monoid, Stud. Cerc. Mat. 32 (1980), 4, 355-370. Nu spun la câte ironii publice a fost supus pentru aceasta, chiar din partea șefului nostru de catedră, fost prieten bun al Profesorului Gr. C. Moisil.

Punând alături toate cele expuse în [9] cu prezentarea pe care o face J. Arzac în cartea sa [1], tot din 1970, observăm că nivele de dezvoltare la acea dată, la noi și în Franta, erau comparabile și că instituția cu rol principal era, în ambele cazuri, Facultatea de matematică din Universitate. Articolul [13] arată pentru ce Profesorul Gr. C. Moisil trebuie considerat ca pionier al informaticii românești.

5. Informatica teoretică, la noi și în prezent. Câteva semnalări

Este de la sine înțeles că în cadrul acestui articol, nu pot fi propuse decât câteva repere și acelea pe scurt.

Ca și pentru multe alte ramuri ale științei, prezentarea studiilor și cercetărilor în rubrica "la noi și în prezent" nu poate evita unele imperfecțiuni. Limitând expunerea la Universitatea din București (UB) și astfel nedreptățind alte centre de distincție academică, numai pentru a da câteva exemple, se amintesc, pe scurt, cele ce urmează.

Literatura științifică de peste hotare și, mai timid, de la noi, înregistrează contribuții majore ale cercetătorilor din România, unii calificându-se, după ani de muncă sistematică, într-un eșalon superior al oamenilor de știință în informatica teoretică. Cu contribuții majore, recunoscute pe plan internațional în domeniul bazelor matematice ale informaticii, se văd a fi Profesorii Acad. Solomon Marcus, Acad. Gheorghe Păun, Cristian Calude sau George Georgescu, fondatori de domenii noi. La universitate, există grupul de cercetare GLAU de logică și algebre universale îndrumat de Profesorii George Georgescu, Afrodita Iorgulescu, Ioana Leuștean și Sergiu Rudeanu (în ordinea alfabetică). Primii doi, în 1999, și apoi împreună cu Profesorul Paul Flondor, au scris

lucrări de logică matematică care acum sunt citate peste tot în domeniu, singurele exemple de “*best seller*” matematic pe care le cunosc, din trecutul nostru apropiat, vezi sinteza [6] cu o bibliografie bogată și [7]. Există o colaborare fructuoasă cu Universitatea din Craiova unde lucrează grupul înrudit al Profesorului Dumitru Bușneag. Pentru partea de modele, pentru sintaxa și semantica limbajelor de programare, citez monografia [8]. Pe lângă cei citați, există o serie de matematicieni informaticieni care se bucură de o certă recunoaștere la noi și în străinătate, de exemplu, profesorii Gheorghe Ștefănescu, directorul Departamentului de informatică de la Universitatea București, Victor Mitrana (UB), Dan Simovici (Universitatea din Boston), Răzvan Diaconescu (IMAR – Institutul de Matematică al Academiei), Gheorghe Roșu (SUA).

Există însă la noi o politică a dezvoltării informaticii – știință, aplicații sau tehnologie? Dacă în politica făcută la nivel național este natural să intervină conjuncturi și momente, în raport cu știința, este necesar să existe un drum gândit coerent. Este posibil și ar fi necesar, să existe o *politică* a informaticii, dar personal, nu mă număr printre cei care cunosc răspunsul la întrebarea de mai sus. Cred că știm că astăzi o societate și o economie nu se pot dezvolta fără un program precis, dezbătut, în domeniul informaticii și că, mai general, conducerea nu este un proces care să se poată susține din inspirații de moment sau optimism. Răspunsul la întrebarea de mai sus este probabil negativ.

Sunt mai multe motive care ar justifica acest răspuns. După cât se pare, nu avem un plan prioritar de formare a diferiților specialiști de care avem nevoie, de asimilare a diferitelor metode de lucru și de promovare a cercetării de la frontiera informaticii cu matematica și cu alte științe. Câți bursieri trimitem sau sprijinim în domeniu, ce face ICR pentru o mai bună cunoaștere a realizărilor? Îi revine Academiei toată competența să vină cu un răspuns la întrebarea, dacă înaltul lor onorează cercetările cu orientare matematică ale informaticienilor din țară și din străinătate. În orice caz, țara noastră a dovedit că are resursele umane necesare pentru a participa la competiția științifică internațională. Anexa cu referințe bibliografice a acestui articol dă câteva exemple pentru ilustrare de lucrări care citează cercetători români în informatica teoretică din domeniul structurilor algebrice aplicate sau teoriei limbajelor. Multe alte exemple pot fi adăugate, cu egală sau, chiar cu mai mare îndreptățire.

Ca și alte discipline cu accentuată *orientare matematică*, informatica teoretică posedă, tocmai prin această orientare, un motor de dezvoltare.

Rezultatele depind însă de măsura în care suntem deschiși către cunoaștere, chiar atunci când nu îi vedem imediat și direct folosul practic, adică de disponibilitatea noastră pentru cultură.

Bibliografie

- [1] J. Arsac, *La Science Informatique*, Dunod, 1970.
- [2] O. Bâsca, V. Boicescu, E. Căzănescu, M. Cherciu, G. Georgescu, Gr. C. Moisil, Gh. S. Nadiu, I. Petrescu, S. Rudeanu, C. Sicoe, L. State, Al. Teodorescu, I. Tomescu, *Logique Automatique Informatique*, Editions de l'Académie, Bucarest, 1971.
- [3] I. Bellin, Maurice Nivat, *Une vision à long terme de la recherche en informatique* <http://interstices.info/maurice-nivat> 17/03/2008.
- [4] G. Dyson, *Turing's Cathedral, The Origins of the Digital Universe*, Allen Lane, London, 2012.
- [5] Ph. Flajolet, G. Huet, *Mathématique et Informatique* (doc INRIA, internet).
- [6] G. Georgescu, A. Iorgulescu, S. Rudeanu, *Some Romanian researches in algebra of logic*, (2007) In [7].
- [7] A. Iorgulescu, S. Marcus, S. Rudeanu, D. Vaida (coordonatori/eds.), *Grigore C. Moisil și continuatorii săi în domeniul Informaticii Teoretice/Grigore C. Moisil and his followers in the field of Theoretical Computer Science*, Editura Academiei Române, București, 2007.
- [8] A. Mateescu, D. Vaida, *Structuri matematice discrete: aplicații*, (cu o prefață de prof. dr. doc. S. Marcus), Editura Academiei Române, București, 1989.
- [9] Gr. C. Moisil, *Activitatea Centrului de Calcul al Universității din București*, AMC 13-14 (1970), 9-20, In [7].
- [10] D. Vaida, *Utilizări ale calculatoarelor electronice de la Institutul de Fizica Atomică*, Editura Academiei Române, București, 1961.
- [11] D. Vaida, [1966] *Limbajul de programare automată elaborat de GAMS* Aut. Elec. 10, 133-166 (Internet: “*The Algorithmic Language Developed by the GAMS Group*, other authors: FOREIGN TECHNOLOGY DIV WRIGHT-PATTERSON AFB OH., Editor: Defense Technical Information Center, 1967”)².

² ALGAMS in Wikipedia - Limbajul ALGAMS a fost elaborat și implementat de o echipă internațională din care am făcut parte, condusă de A. Mazurkiewicz și Bl. Sendov.

- [12] D. Vaida, *Programarea calculatoarelor electronice*, Editura Academiei Române, Bucureşti, 1967.
- [13] D. Vaida, *Profesorul Gr. C. Moisil – pionerul informaticii româneşti* (în două părţi), în [7].
- [14] D. Vaida, *Ştiinţa, parte a culturii – reflecţii dinspre matematică*, Revista de Politica Ştiinţei şi Scientometrie, Serie nouă, vol. 1, no. 4, Decembrie 2012, p. 349-355.
- Anexa – Câteva exemple de lucrări care citează studii de la noi**
- [1] S. Bistarelli, F. Gadducci, *Enhancing constraints manipulation în semiring-based formalism*. 17th European Conference on Artificial Intelligence, 2006.
- [2] F. Bonchi, *Abstract semantics by observable contacts*. PhD Thesis, Univ. of Pisa, Dip. di Inform 2008.
- [3] P. Bottoni, M. F. Costabile, *Visual Language Theory*, Springer, 1998.
- [4] P. Bottoni, M.F. Costabile, S. Levialdi, P. Mussio, *Specification of Visual Languages as Means for Interaction*, Visual language theory, Springer 1998.
- [5] M.G. Buscemi, U. Montanari, *Open bisimulation for the concurrent constrained pi-calculus*. *Programming Languages and Systems*, 17th European Symposium on Programming, ESOP, Springer, Berlin, p. 254, 2008.
- [6] I. P. Cabrera, P. Cordero, G. Gutiérrez, J. Martinez, M. Ojeda-Aciego, *Fuzzy congruence relations on nd-groupoids*, International Journal of Computer mathematics-IJCM, Taylor & Francis, vol. 86(10,11), p. 1684(2009).
- [7] I. P. Cabrera, P. Cordero, G. Gutiérrez, J. Martinez, M. Ojeda-Aciego, *A coalgebraic approach to non-determinism: Applications to multilattice*, Information Sciences - ISCI, vol. 180 (22), 4323(2010).
- [8] E. Clementini, P.D. Felice, D. Hernández, *Qualitative representation of positional information*, Artificial Intelligence, Elsevier 1997.
- [9] K. Glazek, *A guide to the literature on semirings and their applications în mathematics and information sciences: with complete bibliography*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht 2002.
- [10] U. Hebisch, H.J. Weinert, *Semirings: algebraic theory and applications în computer science* 1998.
- [11] M. Kudlek, A. Mateescu, *Algebraic, linear and rational languages defined by mix operation*, Fundamenta Informaticae, IOS Press 1998.
- [12] W. Kuich, *Semirings and Formal Power Series: Their Relevance to Formal Languages and Automata*, Handbook of formal languages, Springer 1997.
- [13] G. Rozenberg, A. Salomaa (Eds.), *Handbook of Formal Languages (vol. 1): Word, language, grammar*, Springer (873 pages) (vol. 1-3, 2051 pages), 1997.
- [14] A. Salomaa, A. Mateescu, G. Rozenberg, *Shuffle on trajectories: syntactic constraints*, Theoretical Comput. Sci. 197(1998), nr. 1-2, 1-56.

Autor corespondent: dvaida@rdslink.ro,
DRAGOS.VAIDA@clicknet.ro