

Mihai Prunescu

Institutul de Matematica *Simion Stoilow* al Academiei Romane

Curriculum Vitae

CV tabelar

- 1991. Scuola Matematica Interuniversitaria, Perugia.
- 1991. Universitatea din Dortmund. Colaborare cu Prof. Dr. Tudor Zamfirescu.
- 1992. Absolvire a Facultatii de Matematica, Universitatea Bucuresti, 5 ani.
- 1992. Angajare la Institutul de Matematica al Academiei Romane.
- 1992 - 1994. Vizite la Ecole Normale Supérieure, Paris, si la Universitatea din Konstanz.
- 1995. Acceptat ca doctorand de catre Prof. Dr. Alexander Prestel, Konstanz.
- 1998, 21 decembrie. Dr. rer. nat. la Universitatea din Konstanz, Germania.
- 1999, aprilie - 2003, septembrie. Asistent la Universitatea din Greifswald.
- 2003, octombrie - 2005, septembrie. Post-doc la Universitatea din Freiburg.
- 2005, 15 noiembrie - 2013, 10 iulie. Software developer, Brain Products, Freiburg.
- 2013, din octombrie. Din nou in Romania. IMAR.

Participare la conferinte

Conference in model-theory and real algebraic geometry, Segovia 1995.

Conference in model theory and valuation theory, Durham 1996.

Conference in model-theory, Luminy 1997.

Conference in model-theory, Oberwolfach, 1998, 2000, 2002, 2004.

Conference on Hilbert Tenth Problem, Ghent, 2000.

Conference in model-theory and algorithms, Edinburg, 2001.

Conference in model-theory, Ravelo, 2002.

Conference in Theoretical Computer Science, Schloss Dagstuhl, 2003.

Conference in model theory and algorithms, Passau, 2005.

Computability in Europe, Swansea 2006.

Computability in Europe, Siena 2007.

Logic Barriers in Computation and Complexity, Greifswald 2010.

Embodied Information, Berlin 2011.

12 international conference of discrete geometry and Alexandrov surfaces, Bucuresti, 2013.

Mathematiques discretees et geometrie combinatoire, Mulhouse, 2014.

Sesiune speciala dedicata memoriei lui Serban Basarab, Constanta 20-24 mai 2015.

The Eighth Congress of Romanian Mathematicians, Iasi, June 26 - July 1, 2015.

Premii

In anul 2011 am primit Premiul Gheorghe Titeica al Academiei Romane pentru un grup de articole cu tema: Siruri duble recurente peste alfabet finite.

Alte activitati

Sunt reviewer inregistrat la AMS Mathematical Reviews si la Zentralblatt Mathematik pentru diferite domenii de logica, algebra, calculabilitate. De asemeni, am fost solicitat ca referee anonim pentru mai multe articole.

Teoria modelelor si definibilitate

Lucrarea de doctorat *A structural approach to diophantine definability* studiaza proprietatile ultraputerilor \mathbb{Z}^* si $\mathbb{Z}[T]^*$ cauzate de proprietatile de definibilitate ale lui \mathbb{Z} si $\mathbb{Z}[T]$. Faptul ca in \mathbb{Z} orice multime recursiv enumerabila este diophantina (Matiasievici) se traduce prin faptul ca aplicatia naturala de restrictie $End(\mathbb{Z}[T]^*) \rightarrow End(\mathbb{Z}^*)$ este surjectiva. Faptul ca in inelul $\mathbb{Z}[T]$ orice multime recursiv enumerabila este diophantina (Denef) se traduce prin injectivitatea aplicatiei naturale de restrictie. In concluzie aplicatia de restrictie este un isomorfism de inele. Acest mod de a pune problema este natural pentru ca definitiile diophantine sunt mult mai simple in inelul de polinoame $\mathbb{Z}[T]$ decat pe \mathbb{Z} . In teza se compara definitii corespunzatoare in cautarea unei metodologii algebrice de traducere. Rezultate similare sunt demonstrate pentru inelele de intregi algebrici \mathcal{O}_K din corpurile de numere K care au dimensiune finita peste \mathbb{Q} . Teza a fost publicata partial in Journal of Symbolic Logic.

In articole separate am publicat contributiile originale despre:

Definibilitatea existentiala in inelele de polinoame.

Clasificarea inelelor comutative finite in functie de proprietatile lor diofantine.

Nedecidabilitatea problemei a zecea a lui Hilbert relativ la diferite submultimi ale lui \mathbb{N} .

De exemplu, nu exista algoritmi de decizie care sa raspunda la intrebarea daca ecuatii diofantice arbitrare au solutii care sunt numere prime, sau patrate perfecte, numere triunghiulare, etc...

Teoria algebrica a complexitatii calculului

Problematica expusa mai jos a fost lansata de un articol de L. Blum, S. Smale si M. Shub; a culminat cu cartea Blum, Coocker, Shub, Smale; si a atins maturitatea (din punctul meu de vedere) in momentul in care Bruno Poizat si-a publicat cartea "Les petits cailloux - un approche model-theorique a l'algorithmie". Principiul teoriei poate fi exprimat prin

cuvintele *unit cost*: elementele unei structuri algebrice servesc drept alfabet al unor masini Turing. Problemele sunt multimi de cuvinte construite din aceste litere, P si NP sunt clase de probleme peste structura algebrica respectiva. *Trebuie subliniat ca atat problematica, cat si metodele de demonstratie apartin mai mult teoriei modelelor decat teoriei complexitatii calculului, in special cand este vorba despre structuri algebrice infinite.* Pasul esential facut de Poizat a fost reinterpretarea problemelor in termeni de viteza eliminarii cuantificatorilor existentiali, in sensul unor algoritmi unit-cost care lucreaza peste structura algebrica data.

In functie de tipul de nedeterminism permis, pentru orice structura algebrica se pot defini clasele NP(boole) [cand masina Turing poate alege in anumite stari intre un numar finit de continuari] si NP(\exists) [in care masina Turing, in anumite stari, poate alege la intamplare un element al structurii]. Evident, pentru orice structura algebrica, $P \subseteq NP(\text{boole}) \subseteq NP(\exists)$. In cazul structurilor finite, $NP(\text{boole}) = NP(\exists) = NP$ clasic.

In acest domeniu am avut urmatoarele contributii:

Corpul ordonat al numerelor reale extins cu un simbol de functie interpretat de o functie analitica nealgebrica are $P \neq NP$ deoarece nu permite eliminarea cuantificatorilor existentiali.

Constructia unei structuri cu eliminarea cuantificatorilor, fara ca un algoritm de eliminare sa poata exista; si a unei structuri cu algoritm de eliminare, dar cu o teorie nedecidabila.

Toate grupurile abeliene infinite au $P \neq NP$ (boole).

Toate algebrele boole infinite au $P \neq NP$ (boole).

Constructia unui inel comutativ cu $P \neq NP$ (boole) $\neq NP$ (\exists).

Problema clasica P vs. NP este echivalenta cu faptul ca peste nici un semigrup abelian ordonat (sau ca exista un semigrup abelian ordonat in care), problema unit cost Knapsack nu este unit cost P.

Constructia unei structuri algebrice cu proprietatea $P = NP$ (\exists). Mentionez faptul ca acest rezultat a avut ca semnificatie rezolvarea unei probleme deschise pusa de Bruno Poizat aproximativ 12 ani inainte. A fost publicata in Journal of Symbolic Logic sub titlul *Structure with fast elimination of quantifiers* si este probabil cel mai bun rezultat al meu.

O referinta remarcabila este cursul tinut de profesorul Johann (Janos) Makovski (Technion Haifa, Israel) la conferintele ISLA si ESSLLI (2014) tinut la Tübingen 11-15 August, 2014. Aproape toate contributiile mele sunt citate iar cele mai importante sunt descrise in detaliu in aceste slides. Vedeti originalele la:

<http://www.cs.technion.ac.il/~janos/COURSES/ESSLLI-2014/>

Teoria clasica a complexitatii calculului

Este un domeniu in care initial am predat cursuri si seminarii la diferite universitati (Konstanz, Greifswald, Freiburg) fara sa fac direct cercetare. Acest lucru pare sa se schimbe in 2014. In preprintul *About a computer program of Matthias Müller*, care va apare in Springer Proceedings in Mathematics and Statistics, intr-un numar dedicat geometriei convexe si discrete si teoriei grafurilor, se studiaza si se aprofundeaza teoretic un algoritm gasit intamplator de catre un tanar german, fara experienta in matematica. Algoritmul pare a rezolva in mod inexplicabil problema NP-completa 3-SAT, a satisfacerii formulelor propozitionale in forma conjunctiva, in timp polinomial. Pana acum am demonstrat ca daca instanta 3-SAT este intr-adevar solvabila, programul raspunde corect "da". Problema daca programul da intotdeauna raspunsul corect "nu" cand instanta este nerezolvabila, ramane deocamdata deschisa. In tot cazul, posibilitatea ca programul sa fie corect si rezultatul primei Probleme a Mileniului s fie $P = NP$ face din acest studiu o preocupare fascinanta. Mentionez ca pentru demonstratie se introduce notiunea de graf al tuturor clauzelor 3-SAT posibile si se demonstreaza ca o instanta 3-SAT este rezolvabila daca si numai daca exista o clica maximala a grafului care nu contine instanta.

Siruri recurente n -dimensionale peste alfabete finite si calcul natural

Aceasta directie de cercetare generalizeaza directii de cercetare mai vechi, de exemplu diagramele spatiu-timp ale automatelor celulare, vezi *A new kind of science* a lui Stephan Wolfram, si este un studiu complementar sirurilor automate, vezi cartea *Automatic Sequences* de Jean-Paul Allouche si Jeffrey Shallit. Sirurile recurente 2-dimensionale sunt mai generale decat diagramele spatiu-timp ale automatelor celulare 1-dimensionale, si contin o mare varietate de siruri automate in sensul lui Allouche si Shallit. Exemplul tipic de sir dublu recurent are conditii initiale constante $a(0, n) = a(n, 0) = 1$ si o relatie de recurenta $a(n, m) = f(a(n, m-1), a(n-1, m-1), a(n-1, m))$ unde $f : A^3 \rightarrow A$ este o functie oarecare si A este un alfabet finit. Notiunea de calcul natural (natural computation) este justificata de speculatiile lui Wolfram, conform carora aproape orice fenomen complex (propagarea vibratiilor, campuri, curgeri fluide, etc) pot fi modelate de diagrame spatiu-timp ale unor automate celulare. Complexitatea unor instante pare sa confirme aceste speculatii.

In acest domeniu am avut urmatoarele contributii:

Sirurile recurente 2-dimensionale cu doi predecesori sunt Turing-complete, chiar daca ne restrangem la functiile f comutative ($f(x, y) = f(y, x)$).

Sirurile generate de recurenta $f(x, y, z) = x + my + z$ peste corpuri finite arbitrare au

o structura de produs Kronecker infinit de matrici peste corpul respectiv. In cazul corpurilor prime \mathbb{F}_p am clasificat simetriile unor patrate initiale de tip $p^k \times p^k$. In cazurile speciale $m = 1$ si $m = \pm 2$ am putut deduce noi identitati si congruente cu coeficienti binomiali. Mentionez faptul ca aceste rezultate reprezinta rezolvarea unei probleme ramase deschise aproximativ 30 de ani, pusa de Lakhtakia si Passoja.

Pentru siruri recurente n -dimensionale cu conditii initiale constante, respectiv periodice sau automatice, urmatoarea proprietate are loc: daca ele sunt identice cu siruri n -dimensionale automatice pe un cub initial suficient de mare, atunci sirul recurent si sirul automatic sunt identice peste tot. Acest principiu, care s-a cristalizat de-a lungul ultimilor ani intr-un sir de articole din ce in ce mai generale, permite existenta unor programe de calculator care stabilesc exact structura de substitutie independenta de context a unor siruri concrete. De exemplu, sirul care are conditii initiale sirul 1-dimensional Thue-Morse si ca regula de recurenta adunarea Pascal $x + z \pmod 2$, se poate obtine printr-o substitutie patrata de tip $4 \rightarrow 8$ cu 15 reguli. (patrate 4×4 sunt substituite cu patrate 8×8 , care sunt formate din cate 4 blocuri din multimea de 15 elemente a patratelor 4×4 , astfel incat substitutia poate continua). Alte exemple sunt triughiurile Pascal modulo 4 sau 8, diferite covoare Sierpinski cu margini periodice, si multe altele.

Constructia unor siruri duble recurente simetrice cu 3, 4 si 5 valori, care nu sunt automatice.

Clasificarea sirurilor duble recurente definite de homomorfisme de grup peste grupul cu 4 elemente al lui Klein, respectiv de aplicatii liniare peste inelul de matrici $M_{2 \times 2}(\mathbb{F}_2)$, dupa continutul lor geometric.

Demonstratia faptului ca aplicatiile \mathbb{F}_p -afine peste corpuri finite de caracteristica p , iterate in sensul recurentei, produc siruri n -dimensionale automatice. In concluzie, aceste siruri n -dimensionale pot fi produse prin substitutii independente de context. Cu aceasta ocazie am enuntat si conjectura conform careia toate homomorfizmele de p -grupuri abeliene genereaza siruri n -dimensionale automatice, daca sunt iterate pornind de la conditii initiale automatice.

Studiul unor noi simetrii triunghiulare in anumite segmente initiale (p^s linii, s arbitrar) ale triunghiului lui Pascal modulo p^k , respectiv ale valuarilor p -adice pe asemenea segmente initiale. Acest studiu completeaza rezultatele despre carpetele Lakhtakia-Passoja in cazul $m = 0$.

Existenta unor siruri duble recurente cu numai doua valori, care nu sunt automatice, aparut in Theoretical Computer Science 2014.

Sunt departe de a fi epuizat resursele de cercetare imediata oferite de acest domeniu. Un articol despre puterea de expresie a sirurilor duble recurente care iau numai 3 valori

este in lucru. Ca sa anunt numai un aspect, se demonstreaza ca aceste siruri pot genera pe diagonala ordinalele lui Cantor. Un alt articol in lucru (coautori Cristian Cobeli si Alexandru Zaharescu) studiaza operatia recurenta $xy/(x,y)^2$ - unde (x,y) denota cel mai mare divizor comun - aplicata in mod repetat pe sirul numerelor naturale pozitive, dupa modelul calculului cu diferente. Anumite aspecte ale sirului 2-dimensional care rezulta au o legatura surprinzatoare cu automaticitatea si alte proprietati ale sirurilor recurente 2-dimensionale peste alfabetele finite.

Analiza matematica

Pentru mine analiza matematica este numai un domeniu ocazional de cercetare. Totusi am publicat doua contributii:

Stabilirea unor proprietati majoritare (in sensul categoriei Baire) a homomorfismelor lui S^1 . (Lucrare in colaborare cu T. Zamfirescu, P. Horja si G. Craciun.)

Un studiu calitativ al ecuatiei functionale $f(x+y) - f(x) - f(y) = g(x,y)$ cu functie necunoscuta f . (Lucrare publicata in revista chileno-braziliana CUBO, a mathematical journal.)

Studiul computerizat al semnalelor EEG

Studiul semnalelor digitalizate EEG (ale electroencefalogramelor) este un domeniu extrem de aplicat, in cadrul caruia am lucrat la firma Brain Products din Germania. Aceasta activitate mi-a dat ocazia unor inovatii de ordin tehnic. Am dezvoltat urmatoarele module (subprograme ale software-ului BrainVision Analyzer):

Corectura on-line si post-measure a artefactului cardiobalistic.

Independent Component Analysis (ICA).

Corectura post-measure a artefactului ocular, folosind ICA.

Corectura artefactului de scanare magneto-rezonanta.

Fast Fourier Transformation.

Wavelet Analysis.

Proceduri de analiza segmentelor in scopul relevarii potentialelor evocate de experimente neurofiziologice si psihologice la epileptici, fobici, etc, dar si pe probanti martor.