

# **Contributions to the fields of combinatorial optimization and machine learning**

Rezumatul tezei de abilitare

**Ovidiu Cosma**

Department of Mathematics and Computer Science  
Faculty of Science  
North University Center Baia Mare  
Technical University of Cluj-Napoca, Romania

2022

# Rezumat

Am obținut titlul de doctor la Universitatea Politehnică din București în 2003, sub îndrumarea prof. Traian Ionescu, cu teza *Contribuții la codificarea subbenzilor imaginilor*. În primii ani după ce am obținut titlul de doctor, m-am implicat în principal în domeniul prelucrării digitale a imaginilor. Cele mai importante rezultate din această perioadă sunt legate de steganografie, watermarking, redare non-fotorealistă și compresie a imaginilor.

În ultimii ani, domeniul inteligenței artificiale mi-a captat atenția. Cele mai importante contribuții științifice pe care le-am realizat în această perioadă sunt:

- Un algoritm genetic hibrid eficient pentru rezolvarea problemei de proiectare a rețelelor de aprovizionare (Supply Chain Network Design - SCND) cu un singur producător și costuri fixe. Algoritmul încorporează o metodă de programare liniară și o procedură de căutare locală puternică pentru reglarea fină a căutării globale. În această variantă a problemei SCND, există un singur producător cu capacități de producție nelimitate, iar capacitățile Centrelor de Distribuție (CD) sunt limitate. Există costuri fixe asociate atât centrelor de distribuție, cât și legăturilor dintre CD și clienți.
- Un algoritm mat-uristic pentru rezolvarea problemei SCND cu costuri fixe asociate rutelor. În această variantă a problemei SCND există mai mulți producători cu capacități de producție limitate, iar toate legăturile de transport au asociate costuri fixe.
- Un algoritm euristic constructiv foarte eficient pentru problema SCND cu costuri fixe asociate centrelor de distribuție. În această variantă a problemei SCND, producătorii și CD au capacități limitate, există costuri fixe asociate CD, iar numărul total de CD care pot fi utilizate este de asemenea limitat. Algoritmul propus a fost numit Shrinking Domain Search (SDS) și se bazează pe reducerea continuă a spațiului de căutare a soluțiilor, prin eliminarea caracteristicilor nepromițătoare. Pentru a se evita pierderea soluțiilor de bună calitate, a fost introdus un mecanism de perturbare, care permite reconsiderarea caracteristicilor eliminate care ar putea crește calitatea soluțiilor.
- O implementare paralelă a algoritmului SDS pentru rezolvarea problemei SCND cu costuri fixe asociate centrelor de distribuție. Algoritmul profită de arhitecturile procesoarelor multi-core, ceea ce permite descoperirea unor soluții remarcabile într-o manieră foarte eficientă.
- Un algoritm genetic hibrid pentru problema SCND cu costuri fixe asociate rutelor și centrelor de distribuție. Această variantă a problemei SCND are o dificultate crescută, datorită multitudinii de costuri fixe și constrângeri. Producătorii și CD au capacități limitate și există costuri fixe asociate atât CD, cât și liniilor de transport. Algoritmul propus construiește mai multe subpopulații de cromozomi, care evoluează

separat din populații aleatoare, până când evoluția stagnează și apoi sunt contopite cu ajutorul unui operator special de crossover.

- Un Algorithm Genetic (AG) pentru problema SCND pe două niveluri, cu gruparea riscurilor și timpului de livrare, care este o problemă complexă de optimizare neliniară. Acest tip de problemă SCND ia în considerare următorii factori: strategia de grupare a riscurilor, care se ocupă de incertitudinea cererii, și timpul de livrare, care este un factor important ce determină stocul de siguranță corespunzător incertitudinii comenzilor clienților. Pentru creșterea eficienței AG propus, dimensiunea populației de descendenți este corelată cu evoluția cromozomilor. Mai exact, aceasta este mărită când evoluția stagnează, și micșorată când se înregistrează progres.
- Un AG pe două niveluri pentru rezolvarea problemei de rutare a vehiculelor clusterizată soft (Soft-Clustered Vehicle Routing Problem - SC-VRP). Această problemă este o relaxare a problemei de rutare clusterizată a vehiculelor, care este o extensie a problemei generalizate de rutare a vehiculelor. Obiectivul SC-VRP este de a găsi cel mai avantajos grup de rute, care încep și se termină la un anumit depozit, către un set de clienți care sunt împărțiți într-un set de clusteruri, astfel încât toți clienții plasați în același cluster să fie deserviți de către același vehicul. AG a fost dezvoltat prin împărțirea problemei de optimizare în două subprobleme mai simple: o subproblemă la nivel macro care împarte clusterurile în grupuri și o subproblemă la nivel micro care determină ordinea de vizitare a clienților din fiecare grup de clusteruri.
- Un AG pentru rezolvarea problemei clusterizate a arborelui căilor cele mai scurte (Clustered Shortest-Path Tree Problem - CSPTP), care este o variantă a problemei celei mai scurte căi (Shortest Path Problem). În CSPTP, fiind dat un graf ale cărui noduri sunt partiționate într-un set de clusteruri, se caută un arbore de acoperire care include cele mai scurte căi, și are proprietatea că fiecare cluster induce un subarbore conectat. Algoritmii propusi construiesc o populație inițială duală, care constă din cromozomi aleatori și cromozomi construiți. Algoritmii proiectați pentru construcția cromozomilor găsesc în mod eficient soluția exactă pentru toate instanțele euclidiene disponibile în literatură. Pentru testarea completă a AG propus, a fost generat un set de instanțe non-euclidiene.
- Un AG hibrid eficient pentru rezolvarea problemei generalizate a comis voiajorului (Generalized Traveling Salesman Problem - GTSP). GTSP este o generalizare a problemei clasice a comis voiajorului, care caută un ciclu optim într-un graf clusterizat, cu proprietatea că fiecare cluster este vizitat exact o dată. AG hibrid propus are la bază un algoritm de optimizare a cromozomilor, care utilizează atât algoritmul căii cele mai scurte a lui Dijkstra, cât și un modul de rezolvare a problemei comis voiajorului.
- Un set de modele de rețele neuronale, construite și antrenate pentru a prognoza numărul de erori și vulnerabilități care vor fi descoperite într-o componentă software, într-un anumit interval de timp. Modelele au fost evaluate în ceea ce privește

acuratețea, antrenabilitatea și stabilitatea la parametrii de configurare. În partea experimentală a acestui studiu, trei tipuri de rețele neuronale au fost construite, antrenate și ajustate (Long Short Term Memory, MultiLayer Perceptron și Convolutional Neural Network). Datele de antrenare au fost colectate din National Vulnerability Database și din alte surse publice. Cele mai performante modele au fost utilizate în dezvoltarea unui instrument de prognoză a vulnerabilităților, care este accesibil online.

După ce am obținut titlul de doctor, am publicat peste 50 de lucrări de cercetare, dintre care 7 în reviste de categoria A, 4 în reviste de categoria B și 8 în reviste de categoria C. Articolele mele sunt citate în peste 90 de lucrări, dintre care 22 în reviste de categoria A, 17 în reviste de categoria B și 19 în reviste de categoria C. Sunt referent la mai mult de 10 reviste internaționale în domeniile mele de expertiză. Am publicat 6 carti la edituri naționale, și 5 cursuri universitare în format electronic, care sunt disponibile online.

Am proiectat, dezvoltat și predat multiple cursuri la nivel de licență și masterat, în domeniile Programare orientată pe obiecte, Rețele de calculatoare, Prelucrare digitală a imaginilor, Tehnologii Java, Programare aplicații web și Aplicații distribuite.

Sunt editor asociat la 4 reviste științifice, dintre care una este încadrată în categoria A, având un factor de impact de 1.778. Sunt director al unui grant de cercetare Orizont 2020 finanțat de Comisia Europeană și al unui grant suport Orizont 2020 finanțat de UEFISCDI. Am fost membru al comitetului științific a 9 conferințe internaționale și organizator al unei sesiuni speciale la o conferință internațională. Am fost coordonatorul concursului de programare a studenților în 2022, organizator a 5 concursuri de matematică - informatică și organizator a 4 conferințe naționale pentru studenți. Am dezvoltat 3 pachete software care sunt disponibile online. Am consolidat o echipă de cercetare în domeniile optimizării combinatoriale și învățării automate, cu care am publicat 26 de lucrări de cercetare și am câștigat la 2 granturi de cercetare.

Teza mea de abilitare are următoarea structură:

- Un rezumat este prezentat în prima parte.
- A doua parte conține cele mai importante realizări științifice obținute recent, în domeniile optimizării combinatoriale și învățării automate.
- Partea finală conține direcțiile viitoare de cercetare și planul de dezvoltare a carierei profesionale.