

Rezumat

TEZĂ DE ABILITARE

Optimizare combinatorică și aplicații

Candidată: Dr. Gloria Cerasela Crișan

Această Teză de Abilitare conține rezultatele științifice ale candidatei, publicate după anul 2008, realizările sale profesionale și un plan de dezvoltare a carierei universitare. Teza este structurată în patru Capitole destinate prezentării realizărilor științifice și un ultim Capitol dedicat descrierii carierei academice și planurilor profesionale.

Primul Capitol prezintă cele patru probleme abordate în următoarele Capitole: este o trecere în revistă a acestor probleme, a principalelor lor variante, metode de rezolvare și aplicații. Descrierile sunt orientate către caracteristicile care pun în legătură problemele complexe ale societății actuale cu domeniile fundamentale de cercetare și *Cercetări Operaționale* și *Optimizare*. Prin aparatul său matematic, acest Capitol pune bazele prezentării ulterioare a activității de cercetare a candidatei, descrise prin: șaisprezece articole, trei seturi de date și două proiecte internaționale.

Acest Capitol introductiv începe cu o descriere generală a problemelor de optimizare și a celor de optimizare combinatorică. Au fost alese: *Problema Comisvoiajorului* (Traveling Salesman Problem) și *Problema Rutării Vehiculelor* (Vehicle Routing Problem) ca prime exemple de probleme de optimizare combinatorică având aplicații în Transporturi și Logistică. Dezvoltările actuale ale comunicațiilor, tehnologiei și ale sistemelor de calcul permit noi abordări ale acestor probleme dificile. Impactul lor asupra societății moderne este major, având în vedere că aproape orice produs comercializat are costuri de transport.

Toate domeniile științifice actuale utilizează calcule intensive; modelarea și simularea sunt metode folosite în proiectarea produselor industriale, realizarea prognozelor meteorologice, descrierea interacțiunii particulelor în fizica nucleară sau pentru realizarea hărților ADN. *Problema Ordonării Lineare* (Linear Ordering Problem) și *Problema Minimizării Benzii Matricei* (Matrix Bandwidth Minimization Problem), ultimele două probleme prezentate în acest Capitol, au diverse aplicații în Macroeconomie și Științele Computaționale.

Cum toate aceste probleme sunt dificile din punct de vedere al complexității calculului, ele sunt abordate atât prin metode exact cât și euristice. Primele metode găsesc soluții optime, dar necesită resurse majore de calcul; cea de-a doua categorie furnizează de obicei într-un timp scurt rezultate apropiate de soluțiile optime.

Al doilea Capitol descrie probleme de transport care procesează date de tip geospațial. Rezultatele cercetării candidatei sunt prezentate într-o serie care se dezvoltă în timp și abordează următoarele aspecte:

- riscurile procesării datelor eronate, cu un experiment numeric pentru Problema Comis-voiajorului;
- metodologia *Integrative Cooperative Search* pentru probleme de optimizare combinatorică multi-atribut, cu o aplicație pentru o variantă complexă a Problemei de Rutare a Vehiculelor;
- caracteristicile metodelor euristice destinate Problemei Comis-voiajorului, cu teste pentru date bazate pe coordonatele GPS ale localităților din Spania și Portugalia;
- stabilitatea soluțiilor optime pentru 31 de instanțe europene interdependente ale Problemei Comis-voiajorului, având între 5000 și 5030 de noduri;
- șablonul ALTER-FTSP destinat generării de secvențe de instanțe interconectate ale Problemei Comis-voiajorului, cu două aplicații pentru date românești de tip geospațial;
- proiectarea a două aplicații pentru *partajarea mașinii* (carpooling), destinate zonei metropolitane a orașului Bacău.

Acest Capitol descrie de asemenea prima instanță națională a Problemei Comis-voiajorului care utilizează date conform standardului GPS actual și distanța ortodromică (calculată ținând cont de curbura Pământului) exprimată în metri.

Instanța este menținută online pe pagina instituțională a candidatei și este un set deschis (open) de date.

Proiectul destinat *Problemei Comis-voiajorului pe suprafețe mari*, desfășurat de candidată timp de două luni la Institutul Dalle Molle de Inteligență Artificială din Manno, Elveția este un rezultat de succes în ceea ce privește studierea altor instanțe naționale TSP-GPS. Lucrul cu profesorii Luca Maria Gambardella (directorul institutului) și Roberto Montemanni (cel care a definit *Problema robustă a Comis-voiajorului cu intervale de date* – Robust Traveling Salesman Problem with interval data) a fost deopotrivă o provocare și o satisfacție. Raportul științific al acestui proiect este în dezvoltare și va fi propus spre acceptare la o conferință din domeniul Optimizării.

Capitolul al treilea conține rezultate din domeniul Matematicii Aplicate. Primul sub-capitol este dedicat investigării *Problemei Ordonării Lineare*. Cu o istorie de aproape o sută de ani, această problemă în mod continuu cunoaște noi versiuni, își diversifică metodele de rezolvare și își lărgeste domeniile de aplicație. Ideea principală a analizei prezentate în acest sub-capitol a fost proiectarea unei noi proceduri de căutare locală, bazată pe cea mai eficientă metodă euristică de interschimbare a componentelor soluției. Această procedură specifică problemei hibridizează o implementare meta-euristică bazată pe *modelul coloniilor de furnici* (Ant Colony).

Echilibrul reglabil între cele două metode a permis obținerea unor soluții de bună calitate într-un timp scurt. Testele au fost extinse, cuprinzând instanțe cu date reale din colecțiile clasice (LOLIB și SGB). Implementarea hibridă a raportat, pentru instanțele abordate, cele mai bune medii ale rezultatelor (la momentul publicării lor).

Cel de-al doilea sub-capitol folosește același șablon euristic pentru rezolvarea *Problemei Minimizării Benzii Matricei*. Se propune o procedură generică *Swap*, destinată reducerii benzii prin interschimbarea coloanelor cu cea mai mare perspectivă în îmbunătățirea soluției. Procedura *Swap* este inclusă într-o implementare clasică a unei euristici inspirată de biologie: *Optimizarea prin colonii de furnici* (Ant Colony Optimization). Această construcție este testată cu două variante ale procedurii *Swap* pe câteva instanțe. Rezultatele obținute au fost cele mai bune la momentul publicării lor.

Această investigație a fost extinsă în două moduri:

- prin considerarea unei importanțe variabile a memoriei colective a coloniei pe parcursul derulării procesului de căutare. Această regulă dinamică de tranziție a furnizat rezultate mai bune decât regula clasică, statică.
- prin includerea altei tehnici inspirate din biologie: *algoritmii genetici* (Genetic Algorithms) și a unui șablon de *Învățare prin recompensă* (Reinforced Learning). Compararea rezultatelor pe aceleași instanțe a arătat o mai mare eficiență a algoritmilor genetici. Metoda de învățare automată a propus o nouă funcție pentru calculul recompensei.

Cel de-al **patrulea Capitol** prezintă aplicațiile problemelor de optimizare combinatorică în Informatică. Primul sub-capitol este alcătuit dintr-un grup de rezultate dedicate cuplării incertitudinii cu Problema Comis-voiajorului. Numerele *fuzzy* generalizează numerele, permițând deducția incertă. Utilizarea datelor *fuzzy* în cazul unor probleme dificile de optimizare necesită resurse suplimentare de calcul și de asemenea metodologii adaptate noilor tipuri de date și metodelor care le manevrează.

O metodă de integrare a fuzzificării cu Problema Comis-voiajorului este adaptarea unuia dintre cele mai eficiente pachete software bazate pe modelul coloniilor de furnici pentru a manevra incertitudinea inclusă în specificarea problemei. Metoda reciprocă propune un șablon comun pentru a include date *fuzzy* în aplicații de optimizare bazate pe modelele coloniilor de furnici și *roiurilor de particule* (Particle Swarm Optimization). Rezultatele testelor au arătat o bună adaptabilitate a metodelor propuse pentru instanțele studiate.

Următorul sub-capitol abordează învățarea automată interactivă, realizată cu ajutorul intervenției umane. Este studiat efectul includerii omului ca agent activ într-un sistem artificial multi-agent. Este descrisă o aplicație *online* destinată evaluării abilității oamenilor de a rezolva mici instanțe 2D euclidiene ale Problemei Comis-voiajorului. Prezentarea se încheie cu o descriere a proiectului *iML* de la Universitatea Medicală din Graz, în cadrul căruia această ultimă cercetare a fost realizată.

Ultimul Capitol prezintă evoluția carierei candidatei și propunerile de dezvoltare a acesteia. Realizările și planurile de viitor sunt structurate pe direcțiile: academic, științific și profesional.