



**UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI**  
**Școala Doctorală de Inginerie**

# **HABILITATION THESIS**

**MODELLING, OPTIMIZATION  
AND INFORMATION TECHNOLOGIES –  
TOOLS TO SUPPORT SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

**MODELARE, OPTIMIZARE  
ȘI TEHNOLOGIILE INFORMAȚIEI –  
INSTRUMENTE CARE SUSȚIN DEZVOLTAREA DURABILĂ**

**Professor NECHITA Elena, PhD**

**Doctoral Domain: Computers and Information Technology**

---

**GALAȚI, 2017**

## Abstract

The habilitation thesis presents the synthesis of the scientific research activity that the candidate has developed after the PhD defence in Information Sciences, in December 2000. Considering that academic teaching is closely related to research, the author has also pointed out the personal approach on teaching and the path envisaged for the following years, both in teaching and research.

Due to the fact that the challenging projects the candidate has participated in have a strong interdisciplinary nature, ranging from education to renewable energy issues and to sustainable development, the thesis has been entitled: **Modelling, Optimization and Information Technologies – Tools to Support Sustainable Development.**

According to the requirements, the first part of the thesis presents the candidate's scientific and professional achievements. From this perspective, the research developed so far was focused mainly on the following directions:

- a) Metaheuristics for Combinatorial Optimization Problems (COPs);
- b) Development of models for the real-world problems, using decomposition and recognition algorithms in Graph Theory and tools from Probability Theory;
- c) Applications of Information and Communication Technologies for Sustainable Development;
- d) Efficient teaching of Computer Science.

The first research direction – *Metaheuristics for Combinatorial Optimization Problems* – follows the work developed during the doctoral stage, when the candidate operated with a nature-inspired heuristic (Genetic Algorithms) to develop a library of functions to be used for Automated Theorem Proving. This direction continued with approaching several COPs, such as Traveling Salesman Problem (TSP), Vehicle Routing Problem (VRP) and Generalized Allocation Problem (GAP), with the very efficient metaheuristic *Ant Colony Optimization* (ACO). Moreover, this direction has also been determined by the participation of the candidate as a team member in the implementation of the CEEEX project *Academic GRID for Complex Applications* (coordinated by “Gheorghe Asachi” Technical University of Iași), between 2006 and 2008. Within this project, ACO applications for a complex variant of VRP, the *Vehicle Routing Problems with Time Windows*,

have been designed and implemented. The author's contributions in line with this research direction are presented in *Chapter 1. Metaheuristics for Combinatorial Optimization Problems. ACO Approaches*.

The second research direction – *Development of models for the real-world problems, using decomposition and recognition algorithms in Graph Theory and tools from Probability Theory* – is closely related to the first direction, since approaching the optimization problems with ACO algorithms requires the organization of their components in graphs. In this respect, the candidate has collaborated in the development of several efficient algorithms for optimization in some classes of graphs, using a special type of decomposition, namely the *weakly decomposition*. Moreover, the modelling of real-world problems requires uncertainty handling. In this regard, as well as in the work related to several of the interdisciplinary research projects the candidate has participated in, tools from Probability Theory and from Mathematical Statistics have been used. Several results obtained in this research direction are presented in *Chapter 2. Modelling real-world problems*.

The third research direction, with several branches, has arisen naturally from the need - that the author considers to be a duty of the academic environment - to make students aware that ICTs can provide society with useful applications, designed to improve it, aiming at what we call today *Sustainable Society*. The candidate's growing interest in linking ICTs with various facets of a sustainable society has finally materialized in the project *Bacău and Lugano – Teaching Informatics for a Sustainable Society*, which was proposed and coordinated for 40 months (September 2013 to December 2016). This project, financed by the Swiss-Romanian Cooperation Programme (Partnership and Expert Fund), was implemented in collaboration with Università della Svizzera italiana from Lugano, Switzerland, and allowed the department the candidate is part of, at “Vasile Alecsandri” University of Bacău, to exchange ideas and practices with a modern and successful faculty of Computer Science. In addition, involving students in this project was a major goal of the project. The achievements related to this perspective are presented in *Chapter 3. Bridging Information Technologies with Sustainable Development*.

Teaching has been a very rewarding activity for the author, who was always perceptive at the students' feedback. As a consequence of this availability in adapting the knowledge transfer, the fourth research direction has been dedicated to the study of efficient teaching and learning. The work developed in this area is presented in *Chapter 4. Teaching Computer Science efficiently*.

The second part of the thesis presents the author's professional evolution and plans for career development. The personal perspective towards teaching, steps related to the goal of preparing young master graduates for the academic path, the efforts dedicated to networking in research, with colleagues from other universities in Romania and from universities in other countries (including the new partner countries in Erasmus+), have been detailed here. The work of the candidate as a member of the academic community is presented, as well.

The papers and books/book chapters (co)authored by the candidate and the research reports/projects the candidate was part of, which include the contributions presented in this thesis, are listed at the beginning of each chapter. All these, along with the other references used to display the context this work is placed in, are presented in the *Bibliography* section.

## Rezumat

Teza de abilitare prezintă sinteza activității de cercetare științifică realizate de candidată după susținerea tezei de doctorat în domeniul Informatică, în decembrie 2000. Considerând că activitatea didactică într-o universitate este strâns legată de cea de cercetare, autoarea a urmărit să sublinieze abordarea personală privind predarea, precum și calea pe care o prefigurează pentru următorii ani, atât în ceea ce privește predarea cât și în ceea ce privește cercetarea.

Întrucât proiectele provocatoare din echipele cărora a făcut parte autoarea au un puternic caracter interdisciplinar, acoperind domeniile *educație, energii regenerabile și dezvoltare durabilă*, teza a fost intitulată: **Modelare, optimizare și Tehnologiile Informației – instrumente care susțin Dezvoltarea Durabilă.**

Conform cerințelor, prima parte a tezei prezintă realizările științifice și profesionale ale candidatei. Din această perspectivă, cercetarea realizată până în prezent s-a axat, în principal, pe următoarele direcții:

- a) Metaeuristici pentru Probleme de Optimizare Combinatorială;
- b) Dezvoltarea de modele pentru probleme din lumea reală, folosind descompuneri și algoritmi de recunoaștere din Teoria Grafurilor și utilizând instrumentele Teoriei Probabilităților;
- c) Aplicații ale Tehnologiilor Informației și Comunicațiilor pentru dezvoltare durabilă;
- d) Predarea eficientă a Informaticii.

Prima direcție de cercetare – *Metaeuristici pentru Probleme de Optimizare Combinatorială* – urmează activității realizate în timpul stagiului doctoral, când candidata a utilizat o euristică de inspirație naturală (Algoritmi Genetici) pentru a dezvolta o bibliotecă de funcții destinate demonstrării automate a teoremelor. Această direcție a continuat cu abordarea unor probleme de optimizare combinatorială, cum ar fi *Traveling Salesman Problem (TSP)*, *Vehicle Routing Problem (VRP)* și *Generalized Allocation Problem (GAP)*, cu metaeuristica *Ant Colony Optimization (ACO)*. Acest parcurs a fost determinat și de participarea candidatei ca membră în echipa proiectului CEEEX: *GRID academic pentru aplicații complexe* (coordonat de Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași), în

perioada 2006 - 2008. În acest cadru au fost proiectate și implementate aplicații ACO pentru o variantă complexă a VRP: *Vehicle Routing Problems with Time Windows*. Contribuțiile în această direcție sunt prezentate în *Capitolul 1. Metaeuristici pentru Probleme de Optimizare Combinatorială. Abordări ACO*.

A doua direcție de cercetare – *Dezvoltarea unor modele pentru probleme din lumea reală, folosind algoritmi de descompunere și de recunoaștere din Teoria Grafurilor și instrumente ale Teoriei Probabilităților* – s-a corelat în mod natural cu prima direcție, întrucât abordarea cu algoritmi ACO a problemelor de optimizare necesită organizarea componentelor acestora în structuri de tip graf. În această direcție, autoarea a colaborat la dezvoltarea unor algoritmi eficienți de optimizare în unele clase particulare de grafuri, folosind un tip special de descompunere și anume *descompunerea slabă*. În plus, modelarea problemelor din lumea reală necesită manevrarea elementelor de incertitudine. În acest scop, precum și în activitatea derulată în cadrul unor proiecte interdisciplinare a căror membră a fost, candidata a utilizat instrumente din Teoria Probabilităților și din Statistica Matematică. Rezultatele obținute în aceste direcții sunt prezentate în *Capitolul 2. Modelarea problemelor din lumea reală*.

A treia direcție de cercetare, cu câteva subdirecții, a apărut din necesitatea - pe care autoarea o consideră o datorie a mediului academic - de a conștientiza studenții cu privire la faptul că Tehnologiile Informației și Comunicațiilor (TIC) pot furniza societății aplicații foarte utile, proiectate să o facă mai bună, ținând către o organizare denumită, în prezent, cu sintagma *Societate Durabilă*. Interesul candidatei privind conexarea TIC cu diferite aspecte ale unei societăți durabile s-a materializat, în final, în proiectul *Bacău and Lugano – Teaching Informatics for a Sustainable Society*, pe care l-a propus și coordonat pe parcursul a 40 de luni (septembrie 2013 - decembrie 2016). Acest proiect, finanțat prin Programul de Cooperare Elevțiano-Român (Fondul pentru Parteneriate și Experți), a fost implementat în colaborare cu Universitățile Svizzera italiana din Lugano, Elveția, și a permis Departamentului de Matematică, Informatică și Științele Educației, de la Universitatea „Vasile Alecsandri” din Bacău, să realizeze schimburi de idei și bune practici cu o facultate de Informatică modernă, de succes. De asemenea, implicarea studenților în cadrul acestui proiect a fost unul din scopurile sale majore. Realizările legate de aceste perspective sunt prezentate în *Capitolul 3. Rolul Tehnologiilor Informației în Dezvoltarea Durabilă*.

Predarea a reprezentat o activitate generatoare de mari satisfacții pentru autoare, care a fost, totdeauna, receptivă la feedback-ul studenților. Ca urmare a acestei disponibilități în adaptarea permanentă a transferului de cunoștințe, a patra direcție de cercetare a fost dedicată

studiului predării eficiente. Rezultatele obținute în această direcție sunt prezentate în *Capitolul 4. Predarea eficientă a Informaticii*.

A doua parte a tezei prezintă planurile de evoluție și de dezvoltare a carierei universitare. Sunt detaliate aici: perspectiva personală privind predarea, pașii legați de pregătirea tinerilor absolvenți de master pentru o carieră academică, demersurile dedicate colaborării în cercetare cu colegi de la alte universități din România și din alte țări (inclusiv din noile țări partenere Erasmus+). Este prezentată, de asemenea, activitatea candidatei ca membră a comunității academice.

Lucrările, cărțile/capitolele de carte din ale căror echipe de autori a făcut parte sau pe care le-a realizat candidata, rapoartele de cercetare/proiectele la care a participat, și care includ contribuțiile prezentate în această teză, sunt listate la începutul fiecărui capitol. Toate acestea, împreună cu alte referințe utilizate pentru a ilustra contextul în care se plasează rezultatele cuprinse în teză, sunt prezentate în secțiunea bibliografică finală.