

# Teză de abilitare

**Conferențiar: Răzvan Andrei GHEORGHIU**

## REZUMAT

Teza de abilitare „Analiza comunicațiilor în domeniul transporturilor cu aplicabilitate pentru vehiculele autonome” prezintă activitatea mea de cercetare, evidențiind rezultatele obținute, progresul și direcțiile viitoare de dezvoltare. Dezvoltarea mea profesională a avut loc în cadrul Universității Politehnica din București, cea mai mare pondere având-o activitatea din cadrul Facultății Transporturi, Departamentul Telecomenzi și Electronică în Transporturi. Aici am participat, pe lângă activitățile de natură didactică (laboratoare, seminarii, proiecte și, apoi, cursuri) și la alte acțiuni, cum ar fi activitățile de cercetare științifică, în cadrul unor proiecte naționale și internaționale, de colaborare cu personalități din domeniul pe care l-am studiat și în cadrul căruia profezez. În departamentul Telecomenzi și Electronică în Transporturi activez de aproape 20 de ani - existând o continuitate a abordării domeniului prin faptul că sunt absolvent al aceleiași secții - și îmi propun ca activitatea mea să se desfășoare în continuare în același cadru. În prezent sunt titular de curs pentru disciplinele:

- **Structuri de Date și Algoritmi:** disciplină din anul I, ce introduce modalități de organizare a informațiilor în scopul prelucrării și stocării acestora, tehnici pentru eficientizarea programelor din punct de vedere al resurselor utilizate, precum și algoritmi de procesare a datelor, cum ar fi tehnici de sortare, Backtracking, sau Divide et Impera.
- **Tehnologii de Programare în Internet:** disciplină din anul II, ce pornește de la premisa că în prezent soluțiile de lucru cooperativ le depășesc pe cele „stand alone”, iar implementările în cloud sunt predominante față de cele „on premise”. Modalitățile de dezvoltare ale unor soluții software moderne se bazează pe caracteristici particulare din cele două direcții majore: frontend și backend. Cursul abordează aspectele fundamentale necesare pentru înțelegerea domeniului, deschizând studenților calea pentru dezvoltarea în această direcție.
- **Teoria Transmisiunii Informațiilor:** disciplină din anul II, ce prezintă studenților elementele de bază în domeniul comunicațiilor, în special digitale. Cursul are menirea de a pregăti terenul pentru disciplinele următoare care aprofundează noțiunile și obișnuiește studenții cu concepte precum probabilități, modulații, codări, criptări, interferențe. În cadrul laboratorului sunt prevăzute implementări în Matlab ale unor soluții de comunicație.
- **Sisteme de Dirijare a Traficului Rutier:** disciplină din anul IV. Este momentul la care studenții dețin cunoștințele de bază necesare pentru a înțelege modalitatea de implementare a sistemelor specifice din domeniu, pornind de la automatele de dirijare a circulației până la sisteme adaptive de management al traficului, cu componente de priorizare pentru vehicule speciale, toate bazându-se pe comunicații specifice.

**Sisteme Inteligente de Transport Rutier.** disciplină din programele de master ale facultății, ce aduce la un alt nivel informațiile ce pornesc din cursul Sisteme de Dirijare a Traficului Rutier. Sunt abordate noțiuni care duc domeniul spre vehicule autonome: concepte, tehnologii la bord, în infrastructură și, inevitabil, comunicațiile pe care se bazează schimbul de date între toate aceste sisteme.

Rezultatele obținute până în prezent au fost diseminate în 5 cărți sau capitole de carte, 49 de articole indexate ISI din care 3 în categoria Q1/Q2, având peste 61 de citări în cărți, reviste și volume ale unor manifestări științifice indexate ISI și un factor de impact ISI cumulat pentru publicații de 23,951.

Alegerea temei pentru teza de abilitare a reprezentat un rezultat previzibil al activității de cercetare desfășurate până în prezent. Pornind de la avansul tehnologic ce a deschis direcțiile spre dezvoltarea vehiculelor autonome, suntem încă într-un stadiu incipient, în care mai degrabă se descoperă noi provocări decât să se întrevadă rezultatul final. Însă acest parcurs neliniar naște oportunități de cercetare pentru identificarea celor mai bune tehnologii de comunicație, celor mai bune topologii de rețea și a aplicațiilor cele mai potrivite pentru tehnologiile existente. În cadrul cercetărilor realizate am încercat investigarea aspectelor cheie ale comunicațiilor în contextul vehiculelor autonome și impactul acestora asupra domeniului transporturilor, analizând diferite tehnologii și protocoale de comunicații utilizate în vehiculele autonome, precum comunicațiile vehicul-vehicul (V2V), sau vehicul-infrastructură (V2I). Pentru fiecare am analizat avantajele și dezavantajele tehnologiilor posibile, precum și aspecte legate de securitatea și confidențialitatea datelor transmise.

De asemenea, am analizat aspecte precum capacitatea rețelelor de comunicații de a gestiona volumul de date generat în cadrul comunicațiilor vehiculare și capacitatea acestora de a asigura o comunicare fiabilă și instantanee.

Scopul principal, în majoritatea cercetărilor efectuate, a fost de a identifica tehnologii care nu sunt special dedicate pentru comunicații în mediu vehicular (implicit care să aibă un cost mai redus), analizând aspectele de utilizabilitate și eficiență a acestora, în medii radio deja congestionate (în special ținând cont de spațiul urban) și definirea aplicațiilor cele mai potrivite, imaginând o implementare etapizată a tehnologiilor pentru a obține cât mai rapid efecte benefice ale automatizărilor în domeniul sistemelor de transport, în măsura în care acestea cresc cu certitudine siguranța în utilizare.

Teza de abilitare este redactată în acord cu prevederile legale și este structurată în două secțiuni:

- Prima secțiune prezintă parcursul profesional, activitatea didactică și de coordonare a studenților, precum și parcursul în cercetarea științifică, cu indicarea principalelor direcții de cercetare și a rezultatelor obținute în urma acesteia.
- A doua secțiune prezintă planurile de evoluție și dezvoltare a carierei profesionale, științifice și academice.

La finalul tezei de abilitare sunt prezentate și referințele bibliografice asociate capitolului 6 (Rezultate științifice relevante).

# Habilitation thesis

Senior lecturer: Răzvan Andrei GHEORGHIU

## SUMMARY

The habilitation thesis "Analysis of communications in the field of transport with applicability for autonomous vehicles" presents my research activity, highlighting the results obtained, progress and future directions of development. My professional development took place within the Politehnica University of Bucharest, with the main activity being within the Faculty of Transport, Department of Telematics and Electronics in Transport. Here, in addition to didactic activities (laboratories, seminars, projects and courses), I also participated in other actions, such as scientific research activities, within national and international projects, in collaboration with personalities from the field of which I studied and within which I teach. I have been active in the Telematics and Electronics in Transport department for almost 20 years - there is a continuity of approach to the field due to the fact that I have graduated the same department - and I propose that my activity continues to be carried out in the same framework. I am currently a course holder for the following subjects:

- **Data Structures and Algorithms:** first-year discipline, which introduces ways of organizing information for the purpose of processing and storing it, techniques for making programs more efficient in terms of resources used, as well as data processing algorithms, such as techniques sorting, Backtracking, or Divide et Impera.
- **Internet Programming Technologies:** second-year discipline, which starts from the premise that currently cooperative work solutions exceed "stand alone" ones, and cloud implementations are predominant over "on premise" ones. The development methods of some modern software solutions are based on particular characteristics from the two major directions: frontend and backend. The course addresses the fundamentals necessary to understand the field, paving the way for students to develop in this field.
- **Theory of Information Transmission:** second year subject, which presents students with the basic elements in the field of communications, especially digital ones. The course is intended to prepare the ground for the following subjects that deepen the notions and familiarize students with concepts such as probabilities, modulations, coding, encryption, interference. Within the laboratory, implementations in Matlab of some communication solutions are provided.
- **Road Traffic Management Systems:** discipline from the fourth year. This is when students already have the basic knowledge needed to understand how to implement field-specific systems, from automatic traffic controllers to adaptive traffic management systems with prioritization components for special vehicles, all based on specific communications.
- **Intelligent Road Transport Systems:** discipline from the faculty's master's programs, which brings to another level the information that starts from the Road Traffic Management Systems course. Notions that lead the field towards autonomous vehicles are addressed: concepts, technologies (on board or related

to the infrastructure) and, inevitably, the communications on which the exchange of data between all these systems is based.

The results obtained so far have been disseminated in 5 books or book chapters, 49 ISI indexed articles of which 3 in the Q1/Q2 category, having more than 61 citations in books, journals and volumes of ISI indexed scientific events and a cumulative ISI impact factor for publications of 23,951.

The choice of theme for the habilitation thesis represented a predictable result of the research activity carried out so far. Starting from the technological advance that opened the directions for the development of autonomous vehicles, we are still in an early stage, where new challenges are being discovered rather than the final result being glimpsed. But this non-linear path provides new opportunities for research, to identify the best communication technologies, the best network topologies, and the most suitable applications for existing technologies. As part of the research carried out, I tried to investigate the key aspects of communications in the context of autonomous vehicles and their impact on the field of transport, analyzing different technologies and communication protocols used in autonomous vehicles, such as vehicle-to-vehicle (V2V) or vehicle-to-infrastructure (V2I) communications. For each one, I analyzed the advantages and disadvantages of the possible technologies, as well as aspects related to the security and confidentiality of the transmitted data.

I also analyzed aspects such as the ability of communication networks to handle the volume of data generated in vehicular communications and their ability to ensure reliable and instantaneous communication.

The main goal, in most of the research carried out, was to identify technologies that are not especially dedicated to communications in a vehicular environment (implicitly having a lower cost), analyzing their usability and efficiency aspects, in already congested radio environments (especially taking into account the urban space) and defining the most suitable applications, imagining a phased implementation of technologies to obtain as quickly as possible beneficial effects of automation in the field of transport systems, providing that they definitely increase safety in use.

The habilitation thesis is written in accordance with the legal provisions and is structured in two sections:

- The first section presents the professional course, the teaching and coordination activity of the students, as well as the course of scientific research, with the indication of the main research directions and the results obtained.
- The second section presents my plans for evolution and development of the professional, scientific and academic career.

At the end of the habilitation thesis, the bibliographic references associated with chapter 6 (Relevant scientific results) are also presented.