



TECHNICAL UNIVERSITY
OF CLUJ-NAPOCA, ROMANIA

Fundamental field: Științe ingineresti

Specialisation: Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale

TEZĂ DE ABILITARE

- REZUMAT -

**Contribuții în prelucrarea semnalelor cu aplicații în robotică,
monitorizarea mediului, proiectarea filtrelor și procesarea
limbajului natural**

Conf.dr.ing. Lăcrimioara-Romana GRAMA
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

- Cluj-Napoca -
2025

Cuprinsul tezei

ABREVIERI	5
INTRODUCERE	9
I REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE	13
1 Realizări științifice	14
1.1 Activitate didactică și dezvoltarea curriculumului	14
1.2 Guvernanță academică și implicare instituțională	15
1.3 Coordonarea cercetării la nivel de licență și masterat	16
1.4 Coordonarea cercetării doctorale	18
1.5 Inovație pedagogică și dezvoltare profesională	19
1.6 Reflecții finale asupra realizărilor academice	20
2 Realizări profesionale	21
2.1 Conducere instituțională și guvernanță academică	21
2.2 Leadership științific și coordonare de proiecte	23
2.3 Serviciu academic și profesional	25
2.4 Formare și dezvoltare în leadership	25
2.5 Reflecții finale asupra realizărilor profesionale	26
3 Realizări științifice	28
3.1 Sinteză științifică și direcții de cercetare	28
3.2 Profilul cercetătorului, vizibilitate și impact	30
3.3 Granturi de cercetare și leadership științific	34
3.4 Robotică și platforme inteligente	39
3.4.1 Context științific și motivație	40
3.4.2 Seturi de date audio TIAGo: structură și scenarii	41
3.4.3 Evaluare experimentală pe seturi individuale TIAGo	46
3.4.4 Instrument modular de clasificare audio	48
3.4.5 Contribuții extinse din lucrări recente	50
3.4.6 Recunoașterea emoțiilor și conștientizarea contextului	60
3.4.7 Robotică asistivă: aplicații demonstrate și potențiale	62
3.4.8 Peisajul global al cercetării și relevanța	63
3.4.9 Contribuții științifice	65
3.4.10 Concluzii și direcții viitoare	66
3.5 Contribuții complementare în procesarea semnalelor	68
3.5.1 Clasificarea audio și ingineria caracteristicilor	69
3.5.2 Monitorizarea mediului și detecția intrușilor	79
3.5.3 Aproximarea fazei și proiectarea de filtre	88
3.5.4 Sumarizarea textelor și procesarea limbajului natural	97
3.6 Reflecții finale asupra realizărilor științifice	104
4 Concluzii generale și justificarea calificării	107
4.1 Contribuții consolidate	107
4.2 Aliniere instituțională și impact științific	108
4.3 Pregătirea pentru coordonare doctorală	108
4.4 Îndeplinirea standardelor naționale	109
II PLANURI DE EVOLUȚIE ȘI DEZVOLTARE A CARIEREI	113
5 Plan strategic pentru dezvoltarea academică și de cercetare	114
5.1 Viziune profesională și academică	114
5.2 Priorități de cercetare și agendă de inovare	115
5.3 Activitate didactică și dezvoltarea curriculumului	116
5.4 Obiective de aplicare și inovare	119
5.5 Strategie de mentorat și coordonare doctorală	120
5.6 Internaționalizare și contribuție instituțională	121
5.7 Modalități de implementare	122
5.8 Calendar și repere	123
6 Concluzii finale	126
Referințe	128
Lista figurilor	136
List a tabelor	139
Lista publicațiilor	141

Teza de abilitare intitulată *Contribuții în prelucrarea semnalelor cu aplicații în robotică, monitorizarea mediului, proiectarea filtrelor și procesarea limbajului natural*, elaborată de **Lăcrimioara-Romana GRAMA**, propune un program de cercetare coerent la intersecția dintre percepția auditivă în robotică, procesarea semnalelor pentru sisteme embeded și interacțiunea om-robot, cu accent pe aplicații asistive și medicale. Obiectivul principal îl constituie proiectarea și validarea unor soluții de procesare a semnalelor care să permită roboților de servicii să perceapă, să interpreteze și să reacționeze la informații auditive în medii reale, respectând totodată constrângeri de latență, consum energetic și robustețe. Contribuțiile complementare în monitorizarea mediului, proiectarea filtrelor și aproximarea fazei, precum și în procesarea limbajului natural, completează acest program, confirmând rolul prelucrării aplicative a semnalelor ca disciplină științifică și ca factor de impact asupra societății. Lucrarea se distinge prin rigoare metodologică, reproductibilitate și relevanță practică, cu rezultate validate prin seturi de date publice, protocoale de evaluare transparente și implementări compatibile cu sisteme embeded.

Teza este structurată în două părți. **Partea I** oferă o sinteză retrospectivă a rezultatelor obținute după finalizarea doctoratului și prezintă evoluția candidatei în calitate de cadru didactic, cercetător și lider academic. **Partea a II-a** conturează direcțiile de dezvoltare pentru următorul deceniu, demonstrând viziune strategică și continuitate cu prioritățile europene și naționale în cercetare.

Prima parte include patru capitole. Capitolul privind **realizărilor academice** evidențiază contribuțiile constante în activitatea didactică și în dezvoltarea curriculumului, coordonarea activităților de curs și laborator și integrarea rezultatelor cercetării în procesul educațional. Experiența didactică se întinde pe mai bine de două decenii, incluzând cursuri de procesarea digitală a semnalelor, filtrare adaptivă și analiza și modelarea datelor pentru suport decizional, predate fie în limba română, fie în limba engleză. Inovația curriculară a fost susținută prin resurse online, introducerea învățării prin proiecte și digitalizarea evaluării. Au fost coordonate peste 30 de lucrări de licență și 15 de disertație, multe premiate, iar o parte dintre rezultate au fost publicate împreună cu studenții. Coordonarea doctoranzilor s-a concretizat în contribuții semnificative în domeniile roboticii, procesării audio și limbajului natural.

Capitolul privind **realizările profesionale** evidențiază implicarea în conducerea instituțională și guvernanta academică, inclusive prin rolul de prodecan al Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației, coordonarea proceselor de admitere și burse, precum și prin participarea în alianța academică europeană EUt+. Sunt menționate și responsabilități de coordonare a unor granturi naționale de cercetare, cu teme precum aproximarea fazei, robotica, monitorizarea mediului și percepția multimodală. În aceste proiecte au fost implicați masteranzi și doctoranzi, facilitând integrarea lor în cercetare și diseminarea timpurie a rezultatelor. Capitolul mai evidențiază și contribuțiile la comunitatea academică prin organizarea de workshopuri, activități editoriale și recenzii pentru reviste internaționale, precum și participarea la programe internaționale de formare în leadership universitar (Harvard) și antreprenariat (Babson College).

Realizările științifice reprezintă nucleul tezei și sintetizează contribuții originale pe patru direcții: robotică și platforme inteligente, monitorizarea mediului și detecția intrușilor, proiectarea de filtre și aproximarea fazei, respectiv procesarea limbajului natural pentru limba română.

În domeniul **roboticii și platformelor inteligente**, cercetarea a vizat consolidarea percepției audio pentru roboții de servicii, cu accent pe interacțiuni conștiente de context. Activitatea s-a

concentrate pe robotul de servicii TIAGo (PAL Robotics) și pe platforma OMNI-Z, dezvoltată într-un consorțiu național de cercetare. Un rezultat major îl constituie baza de date audio *TIAGo Audio Dataset*, structurată în două etape și conținând 3300 de evenimente izolate, grupate în 110 clase. Etapele au fost finanțate independent și aliniate la obiectivele naționale, fiind construite pe protocoale de achiziție unitare, scenariile reale și formate compatibile pentru sisteme embeded. Publicarea bazei de sunete a asigurat reproductibilitatea experimentelor, a sprijinit evaluarea comparativă a clasificatorilor și a facilitat integrarea de module embeded pe platforme robotice.

Pentru completarea acestor resurse, a fost dezvoltat un *instrument software modular*, integrat în trei module compatibile ROS (Robot Operating System): (i) achiziția datelor audio cu segmentare semi-automată, (ii) generarea de modele pentru clasificare ulterioară și (iii) recunoașterea evenimentelor audio izolate, facilitate de o interfață grafică. Instrumentul sprijină atât cercetarea, prin realizarea rapidă de studii comparative și experimente de eliminare treptată, cât și educația, facilitând lucrul practic cu date și modele reale.

Pentru a susține interacțiunea socială adaptată la contextual emoțional, teza introduce primul *corpus românesc de vorbire emoțională destinat aplicațiilor robotice*, alcătuit din 2100 de înregistrări etichetate în trei categorii afective: fericit, neutru și trist. Această resursă permite dezvoltarea unor comportamente sensibile la emoții pe platforme cu resurse limitate, oferind roboților capacitatea de a-și adapta tonul, de a răspunde empatic și de a reacționa adecvat în situații de stress sau suferință.

În domeniul **monitorizării mediului**, cercetarea s-a concentrat pe senzori acustici embeded, cu consum redus de energie, pentru detecția intrușilor și supravegherea eco-acustică. Proiectul SASID a dezvoltat noduri autonome de senzori, care integrează achiziția audio, preprocesarea, detecția de evenimente și transmisia wireless. A fost introdusă sparsograma binară mediată, o reprezentare timp-frecvență compactă și robustă la zgomot, adecvată pentru medii exterioare. Protocoalele și prototipurile validate atât în laborator și pe teren au confirmat detecția fiabilă a drujbelor, vehiculelor și focurilor de armă, cu aplicații în protecția pădurilor, biodiversității și în monitorizarea schimbărilor climatice.

În **proiectarea filtrelor și aproximarea fazei**, cercetarea a clarificat limitele teoretice ale recuperării fazei prin transformata Hilbert discretă, demonstrând validitatea acesteia doar în condiții rareori îndeplinite de filtrele reale. Au fost propuse metode complementare, bazate pe relațiile Kramers–Kronig și pe strategii de tip împarte-și-cucerește, care îmbunătățesc stabilitatea numerică atunci când este disponibilă doar informația de amplitudine. Sinteza circuitelor a fost dezvoltată printr-un flux ce traduce scheme analogice sau netlisturi SPICE în implementări digitale, permițând modernizarea proiectelor tradiționale și prototiparea reproductibilă. Aceste contribuții îmbină modelarea simbolică, analiza algoritmică și implementarea practică, consolidând atât fundamentele teoretice, cât și aplicațiile ingineresti.

În **procesarea limbajului natural**, accentul a fost pus pe limba română, considerată limbă cu resurse reduse. Contribuțiile includ colecții de date lingvistice și reprezentări vectoriale (CBOW, Skip-gram), modele de sumarizare bazate pe optimizare, metode de evaluare pe bază de nucleu și clasificatori polinomiali simpli și interpretabili. Aceste instrumente au susținut aplicații în sumarizarea textelor științifice și juridice, detecția de sinonime și suport decizional clinic interpretabil. Prin combinarea abordărilor statistice, simbolice și de învățare automată, cercetarea a sprijinit diversitatea lingvistică în procesarea limbajului natural și a pus la dispoziția comunității din România resurse reutilizabile.

Rezultatele sunt consolidate prin articole publicate în reviste și conferințe internaționale cu recenzori, baze de date reproductibile și prototipuri validate în condiții reale. Dincolo de rigoarea metodologică, acestea pun accent pe reproductibilitate, interdisciplinaritate și impact asupra societății, vizând aplicații în robotica medicală, protecția mediului, automatizarea proiectării de filtre și tehnologii lingvistice pentru limbi cu resurse limitate. Ele demonstrează productivitate științifică susținută, capacitatea de anticipare a direcțiilor emergente și abilitatea de a transforma inovația academică în soluții cu relevanță practică și societală.

Ultimul capitol al primei părți, **Concluzii generale și justificarea calificării**, sintetizează rezultatele și fundamentează aplicația de abilitare.

Parte a doua include două capitole. Primul prezintă **planul strategic** pentru următorii 5-10 ani în domeniul cercetării, predării, mentoratului doctoral și colaborării internaționale. Prioritățile vizează inteligența artificială aplicată tehnologiilor asistive, monitorizarea audio sustenabilă a mediului prin arhitecturi neuromorfe și edge computing, fluxuri analog-digitale pentru proiectarea de filtre și procesarea limbajului natural în mai multe limbi, cu accent pe interpretabilitate și pe sprijinirea limbilor cu resurse reduse. Planurile educaționale pun accent pe învățarea prin proiecte, accesul la resurse deschise și integrarea cercetării în curriculum. Mentoratul doctoral se va concentra pe reproductibilitate, guvernanta responsabilă a datelor și colaborarea interdisciplinară. Internaționalizarea va fi consolidată prin co-tutele, proiecte comune și infrastructuri partajate în consorții europene.

Ultimul capitol, **Concluzii finale**, reafirmă angajamentul candidatei pentru excelență academică, dezvoltare instituțională și relevanță pentru societate.

În ansamblu, teza de abilitare conturează un program de cercetare axat pe prelucrarea aplicată a semnalelor, extins spre robotică asistivă, monitorizarea audio a mediului, proiectarea de filtre și procesarea limbajului natural. Rezultatele aduc contribuții prin baze de date structurate, instrumente software optimizate pentru sisteme embeded, reprezentări timp-frecvență compacte, clarificarea teoriei aproximării fazei și instrumente practice *circuit-to-code*, precum și resurse de prelucrare a limbajului natural pentru limba română. Toate acestea reflectă independență științifică, capacitate de leadership în cercetare și mentorat și o aliniere clară cu prioritățile instituționale, naționale și europene, oferind o bază solidă pentru dezvoltare academică sustenabilă, implicare instituțională și impact asupra societății.