



UNIVERSITATEA TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Domeniul fundamental : Calculatoare si Tehnologia Informatiei

Domeniul de specialitate : Procesarea Imaginilor si Recunoasterea Formelor

TEZĂ DE ABILITARE

- REZUMAT -

**Invatare profunda si metode conventionale avansate destinate
detectiei si modelarii unor patologii severe, pe baza imaginilor
medicale, precum si altor solutii de viziune computerizata si
explorarea datelor**

Conf. Dr. Ing. Delia-Alexandrina MITREA
Facultatea de Automatica si Calculatoare
Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca

- Cluj-Napoca -
2026

CUPRINSUL TEZEI

ABREVIERI.....	13
INTRODUCERE.....	Er
ror! Bookmark not defined.7	
REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE.....	21
I. REALIZARI ȘTIINȚIFICE.....	23
1. Rezumatul realizărilor științifice.....	23
1.1. Rezumatul contribuțiilor personale în contextul științific actual.....	23
1.2. Concluzii.....	43
2. Tehnici de viziune computerizată, convenționale și de învățare profundă, pentru detectia patologiilor și recunoașterea imaginilor din lumea reală.....	47
2.1. Tehnici convenționale pentru detectarea unor patologii severe și a stadiilor lor de evoluție pe baza imaginilor medicale.....	47
2.1.1. Matrici de coocurență generalizate (Generalized Cooccurrence Matrices – GCM) de ordin superior.....	47
2.1.2. Modelul imagistic textural al unor afecțiuni severe (ciroza, cancer hepatic) și a gradelor lor de evoluție. Abordare supervizată, respectiv nesupervizată.....	50
2.1.3 Concluzii.....	68
2.2. Tehnici de învățare profundă pentru recunoașterea patologiilor din imaginile medicale. Comparatii și combinații cu tehnicile convenționale.....	69
2.2.1. Recunoașterea tumorilor hepatice în imaginile ultrasonografice folosind tehnici de învățare profundă. Comparatie cu tehnicile convenționale.....	69
2.2.2. Îmbunătățirea performanțelor de recunoaștere a tumorilor hepatice din imaginile ultrasonografice prin combinarea tehnicilor de deep learning, respectiv combinarea tehnicilor convenționale cu cele de deep learning	81
2.2.3. Îmbunătățirea performanțelor de recunoaștere a tumorilor hepatice din imaginile ultrasonografice prin combinarea imaginilor ecografice clasice (în mod B) și a imaginilor ecografice îmbunătățite cu agenți de contrast (CEUS)	100
2.2.4. Recunoașterea tumorilor pancreatice din imagini CT utilizând tehnici de învățare profundă.....	107
2.2.5. Recunoașterea afecțiunii Covid19 din imagini CT.....	112
2.2.6. Concluzii.....	114
2.3 Tehnici de învățare profundă și convenționale pentru segmentarea structurilor patologice, modelare și reconstrucție 3D în imagini medicale.....	115
2.3.1 Tehnici de învățare profundă pentru segmentarea tumorilor hepatice din imagini ultrasonografice.....	115
2.3.2. Segmentarea tumorilor hepatice din imagini CT îmbunătățite cu agent de contrast prin utilizarea unor arhitecturi CNN de ultimă generație	118
2.3.3 Segmentarea avansată a tumorii HCC din imagini CT îmbunătățite cu agent de contrast prin utilizarea tehnicilor CNN, precum și a tehnicilor convenționale.....	124

2.3.4 Construirea unui sistem computerizat pentru modelarea 3D a tumorilor HCC in stare avansata de evolutie, pentru a asista tratamentul chirurgical minim invaziv al acestora	127
2.3.5. Segmentarea tumorilor renale și identificarea gradului de evolutie din imagini CT, utilizând tehnici de învățare profundă și convenționale.....	131
2.3.6 Segmentarea și recunoașterea tumorilor cerebrale din imagini de rezonanță magnetică (IRM), utilizând tehnici de deep-learning de ultimă generație.....	137
2.3.7 Alte abordări privind segmentarea tumorilor și a structurilor anatomice folosind metode convenționale	142
2.3.8. Concluzii.....	148
2.4. Recunoașterea expresiilor faciale în imagini din lumea reală prin utilizarea rețelelor CNN de ultimă generație și a combinațiilor acestora.....	150
3. Tehnici de explorare a datelor utilizate în domeniile roboților colaborativi, asigurărilor auto și medicinei.....	157
3.1. Analiza avansata a datelor specifice robotilor colaborativi.....	157
3.2. Utilizarea tehnicilor de grupare și a regulilor de asociere pentru segmentarea clienților și extragerea dependențelor între atribute în domeniul asigurărilor auto.....	166
3.3. Metode de descoperire a cunoștințelor pentru evaluarea in vitro a modificărilor de culoare ale dinților datorate tratamentelor ortodontice	172
3.4. Concluzii.....	177
II. REALIZĂRI PROFESIONALE ȘI ACADEMICE.....	179
4. Realizări referitoare la cariera de cercetare, didactică, respectiv de management academic.....	179
4.1. Activitatea de cercetare.....	179
4.2. Activitatea didactica.....	186
4.3. Activitatea de management academic si activitatea la nivel institutional.....	189
PLANURI DE EVOLUTIE SI DE DEZVOLTARE A CARIEREI.....	193
5. Direcții ulterioare de dezvoltare privind cariera academică a autorului	195
5.1. Direcții privind activitatea de cercetare științifică	195
5.1.1. Direcții privind imagistica medicală computerizată, respectiv analiza și recunoașterea imaginilor din lumea reală.....	195
5.1.2. Abordari privind domeniile explorarii datelor, bazelor de date si ingineriei software.....	201
5.2. Dezvoltarea carierei didactice si academice.....	204
5.2.1 Dezvoltarea carierei didactice.....	204
5.2.2. Dezvoltarea carierei academice si institutionale.....	205
6. Concluzii finale si contributii originale.....	206
7. Referinte bibliografice.....	209
8. Lista Figurilor.....	227
9. Lista Tabelelor.....	231
10. Anexe.....	233

Viziunea computerizata si inteligenta artificiala reprezinta doua coordonate importante ale abordarilor moderne din stiinta calculatoarelor, fiind implicate in mod semnificativ in majoritatea dezvoltarilor tehnologice. Metodele conventionale bazate pe analiza avansata a texturilor, precum si metodele de invatare profunda, au fost implicate pe scara larga, de-a lungul ultimelor decenii, in diagnoza automata si asistata de calculator bazata pe imagini si date medicale, precum si in alte domenii aplicative.

Aceasta teza de abilitare, intitulata "Metode de invatare profunda si conventionale destinate detectiei si modelarii unor patologii severe, pe baza imaginilor medicale, precum si altor aplicatii de viziune computerizata si explorarea datelor", prezinta abordari originale, avand ca obiectiv detectia automata a cancerului si a altor afectiuni severe, intr-o maniera non-invaziva. Dupa cum este cunoscut, tumorile corespund unor afectiuni severe, impactand in mod semnificativ sanatatea umana. Metoda traditionala de stabilire a naturii acestora, considerata inca "standardul de aur" este biopsia, aceasta insa este invaziva si periculoasa, putand conduce la infectii, respectiv la raspandirea tumorilor in organism. In zilele noastre, exista, totusi, tehnici multiple de investigare non-invaziva, bazate pe imagistica medicala, reprezentand o alternativa mai sigura. Astfel, ultrasonografia reprezinta o tehnica de investigare de cost redus, non-invaziva, non-iradianta, deci repetabila, potrivita pentru monitorizarea evolutiei afectiunilor. Tomografia computerizata (Computed-Tomography – CT), precum si investigatiile bazate pe Imagini de Rezonanta Magnetica (Magnetic Resonance Imaging – MRI), sunt de asemenea adecvate. In acest context, s-a demonstrat ca implicarea unor metode avansate de viziune computerizata conduce la un progres important privind performanta procesului de diagnoza.

Prima parte a tezei de abilitare se refera la realizarile stiintifice, profesionale si academice ale autoarei. Dupa ilustrarea stadiului actual al cercetarilor in domeniul tezei, precum si a limitarilor corespunzatoare, autoarea se refera intai la implicarea unor tehnici conventionale originale, vizand diagnoza automata si asistata de calculator, precum si detectia gradului de severitate/evolutie a unor afectiuni semnificative, precum ciroza sau cancerul hepatic. Luand in considerare aceste obiective, autoarea a elaborat modelul imagistic textural al afectiunilor vizate, respectiv al stadiilor de evolutie corespunzatoare, atat in maniera supervizata, cat si nesupervizata, acest model constand in setul trasaturilor texturale relevante care diferentiaza, intr-o maniera optima, intre afectiunile vizate, respectiv in valorile specifice asociate acestor trasaturi (media aritmetica, deviatia standard si distributia de probabilitate). In paralel, s-a extins, in maniera originala, definitia Matricelor de Coocurenta Generalizate (GCM) de ordin superior, fata de realizarile anterioare, acestea fiind experimentate, in mod adecvat, in contextul aplicativ abordat. Ulterior, este ilustrata dezvoltarea si experimentarea unor metode de invatare profunda (deep learning), implicand tehnici specifice, precum autoencodare stivuite (Stacked Denoising Autoencoders - SAE), retele neuronale convolutionale (Convolutional Neural Networks – CNN), respectiv transformare. Performanta de clasificare si segmentare a arhitecturilor originale a fost comparata cu cea a arhitecturilor clasice, fiind elaborate, de asemenea, metode de combinare a acestor arhitecturi la nivel decizional si la nivelul clasificatorului, precum si fuziunea metodelor de invatare profunda cu cele conventionale. Aceste metode au fost aplicate atat asupra imaginilor ultrasonografice, cat si asupra imaginilor CT. In acest context, a fost extinsa si definitia modelului imagistic textural al tumorilor HCC, prin integrarea unor trasaturi relevante de tip convolutional (deep-learning), studiindu-se in premiera corelatiile existente intre aceste trasaturi si cele texturale. In acest mod, s-a aprofundat conceptul de „biopsie virtuală”, care se referă la descoperirea unor caracteristici semnificative pentru fiecare clasă de afecțiuni. Abordarea multi-modala a fost de asemenea luata in considerare, in cazul

recunoasterii, prin metode de invatare profunda, a tumorilor hepatice de tip carcinom hepatocelular (HCC) din imagini ultrasonografice clasice (mod B), combinate cu imagini ultrasonografice imbunatatite cu agenti de contrast (Contrast Enhanced Ultrasound Images – CEUS). Transformare si tehnici CNN de ultima generatie, imbunatatite cu mecanisme de atentie si cu module ASPP (Atrous Spatial Pyramid Pooling), impreuna cu modele generice de tip SAM (Segment Anything Models) rafinate corespunzator, au fost implementate si experimentate in scopul detectiei automate a unor tipuri multiple de tumori cerebrale, pe baza imaginilor MRI. In continuare, in cadrul tezei de abilitare, a fost ilustrata aplicarea unor metodologii si tehnici originale, bazate atat pe tehnici conventionale, cat si de invatare profunda, in contexte aplicative precum: elaborare de modele anatomice 3D si proceduri pentru chirurgia asistata robotic si computerizat, in scopul reducerii tumorilor HCC aflate in stadiu avansat; detectia Covid19 din imagini CT; segmentarea automata a sacului gingival si a jonctiunii epiteliale paradontale din imagini ultrasonografice; segmentarea tumorilor hepatice din imagini ultrasonografice si CT; recunoasterea expresiei faciale; explorarea avansata a datelor in domenii precum cel al robotilor colaborativi, cel al asigurarilor auto, respectiv cel stomatologic. Pe baza metodelor prezentate, se poate concluziona faptul ca tehnicile de invatare profunda au condus, in general, la performante superioare, in comparatie cu tehnicile conventionale, cu unele exceptii totusi, intalnite in special in cazul aplicarii metodelor avansate de analiza a texturii. Astfel, metode conventionale complexe, implicand matrici GCM de ordin superior, au condus la performante comparabile cu cele ale unor retele CNN de complexitate mai scazuta.

Intr-un capitol distinct al tezei de abilitare, au fost prezentate in mod sistematic **realizarile autoarei in domeniul cercetarii stiintifice, privind activitatea didactica, institutionala, respectiv de management academic.** Delia-Alexandrina Mitrea si-a inceput cariera academica in anul 2003, ca doctorand cu frecventa, la Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca, Facultatea de Automatica si Calculatoare, parcurgand apoi etapele: preparator (2004-2007), asistent universitar (2007-2012), sef de lucrari (2012-2017), respectiv conferentiar (2017-prezent), dobandind titlul de doctor in Stiinta Calculatoarelor in anul 2011. Autoarea tezei a avut functia de director sau responsabil de proiect in 3 proiecte de cercetare stiintifica castigate prin competitie nationala, de tip Tinere Echipe (TE), cu titlul “Diagnoza automata si asistata de calculator a tumorilor abdominale, prin metode avansate de analiza si recunoastere, pe baza imaginilor medicale -ACADTUM” (director); Proiecte Complexe Realizate in Consortii (PCCDI), cu titlul “Abordare inovativa de mare precizie privind tratamentul intraoperator asistat robotic al tumorilor hepatice pe baza diagnosticului integrat imagistic-molecular - IMPROVE” (responsabil de proiect si lider de echipa), respectiv Tineri Doctoranzi (TD), cu titlul “Recunoastere de Forme, Reconstructie 3D si Urmărirea Transformărilor Spațio-Temporale ale Texturilor cu Aplicații în Domeniul Interacțiunii Om-Mașină și al Roboților Autonomi” (director). In contextul primelor doua proiecte mentionate, desfasurate pe parcursul ultimului deceniu, au fost implicati ca membri activi si tineri doctoranzi. Delia-Alexandrina Mitrea a urmat studii postdoctorale in contextul proiectului PARTING (Parteneriat Universitar pentru Excelenta in Inginerie), de tip POSDRU (Operational Sectorial Program for Human Resource Development), desfasurat la nivelul Universitatii Tehnice din Cluj-Napoca (UTCN), in perioada 2014-2015. De asemenea, Delia-Alexandrina Mitrea a fost implicata in mai mult de 20 de proiecte de cercetare ca membru al echipei de cercetare sau expert senior. Autoarea tezei a elaborat 89 lucrari stiintifice, publicate in reviste ISI sau BDI, respectiv la conferinte internationale de prestigiu, 48 din totalul lucrarilor fiind indexate in ISI Web of Science, 7 dintre aceste lucrari fiind publicate in jurnale ISI de top (Q1 sau Q2), Delia-Alexandrina Mitrea fiind prim autor pentru 3 lucrari ISI de tip Q2. Pe baza

activitatii de cercetare stiintifica desfasurate, autoarea tezei a obtinut, in anul 2019, *medalie de aur si diploma de onoare* la saloane internationale ale cercetarii stiintifice, inovarii si inventiei precum PROINVENT (Cluj-Napoca), INVENTICA (Iasi), respectiv INFOINVENT (Chisinau); premiul Edmond Nicolau, acordat de catre Societatea Romana de Informatica Medicala (SRIM), pentru cea mai buna solutie tehnologica in domeniul informaticii medicale, in contextul conferintei RoMedInf – Healthcare Digital Era, organizata de catre Universitatea de Medicina si Farmacie I. Hatieganu din Cluj-Napoca, in septembrie 2019. Delia-Alexandrina Mitrea a fost si este membra in comitetul stiintific la 6 conferinte internationale de prestigiu. In calitate de editor invitat (“guest editor”) a contribuit la realizarea unui *numar special (special issue)* al reviztei *Sensors* (ISI, Q2), intitulat “Deep Learning for Pathology Detection and Diagnosis in Medical Images”. Delia-Alexandrina Mitrea are un h-index 8 in ISI Web of Science, un h-index de 11 in SCOPUS, respectiv un h-index 13 in Google Academics (Google Scholar). Autoarea tezei a fost membra a unei comisii de sustinere publica a tezei de doctorat (referent) la Universitatea de Medicina si Farmacie I. Hatieganu din Cluj-Napoca, in anul 2019, fiind, de asemenea, implicata in comisii de sustinere a examenelor si referatelor de doctorat in cadrul UTCN. Referitor la activitatea sa didactica, Delia-Alexandrina Mitrea a predat si preda, in cadrul programelor de licenta si Master, discipline in domeniul procesarii de imagini si recunoasterii de forme, al invatarii automate si al analiticii datelor, al bazelor de date si al ingineriei software. Autoarea tezei a coordonat mai mult de 50 de lucrari de licenta, respectiv mai mult de 20 lucrari de disertatie, in perioada 2003 – 2026, fiind un membru activ in cadrul comisiilor de finalizare a studiilor, de licenta, respectiv Master, in perioada 2018-2026. La nivel institutional, Delia-Alexandrina Mitrea a contribuit la realizarea dosarelor ARACIS, respectiv la evaluarea activitatii academice (SIMAC) in cadrul UTCN.

In partea a doua a tezei, referitoare la planuri de evolutie si dezvoltare a carierei, intentiile exprimate vizeaza, in primul rand, continuarea cercetarilor in domeniul diagnozei automate si asistate de calculator, respectiv preventiei unor afectiuni severe precum cancerul. Astfel, se vor lua in considerare patologii precum pancreatita cronica pseudotumorală, fibroza sau ciroza hepatica, ce pot preceda stadiile maligne. Detectia automata a stadiilor de evolutie ale afectiunilor severe, in special a stadiilor incipiente, ramane in continuare un obiectiv principal. Se vor implica metode conventionale, bazate pe analiza avansata a texturii, a formei si dimensiunii 2D si 3D, in special metode originale. De asemenea, se vor lua in considerare tehnici de invatare profunda, precum cele adecvate segmentarii si recunoasterii imaginilor medicale 2D si 3D (ex. CT, MRI), de tip CNN, transformer, sau combinatii intre acestea, dar si alte tipuri de arhitecturi deep-learning precum retelele de capsule (Capsule Networks). Pentru urmarirea imagistica a evolutiei afectiunilor se au in vedere tehnici de tip Generative Adversarial Networks (GAN). Nu in ultimul rand, se vor lua in considerare metode de tipul adaptarii domeniilor (“domain adaptation” si “domain generalization”), respectiv al invatarii semi-supervizate (“semi-supervised learning” – SSL). Se are in vedere combinarea mai multor tipuri de date, atat imagistice, date clinice rezultate in urma analizelor medicale, date de tip text sau genomice, implicand tehnici adecvate de fuziune si predictie. Metodele originale dezvoltate vor putea fi transferate si in alte domenii aplicative de interes, precum domeniul tehnic si industrial (detectia defectelor), recunoasterea fetelor umane sau a expresiilor faciale, recunoasterea gesturilor, domeniul artei digitale si generative, domenii stiintifice precum biologia, geografia sau chimia. Aceste metode vor putea fi, de asemenea, integrate in teze de doctorat, cunostintele aferente putand constitui sau completa continutul unor cursuri precum cele din domeniul procesarii de imagini si al recunoasterii formelor, al invatarii automate, respectiv cursuri specifice in domeniul imagisticii medicale computerizate.