

Domeniul fundamental: Științe Inginerești
Domeniul de specialitate: Ingineria Sistemelor

TEZĂ DE ABILITARE

-rezumat-

**Cercetări interdisciplinare pentru sisteme
cyber-fizice dependabile: utilizarea IoT
și a învățării profunde**

Conf. Dr. Ing. Dan Ioan GOȚA
Facultatea de Automatică și Calculatoare
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

- Cluj-Napoca -
2026

CUPRINS

ABREVIERI	6
INTRODUCERE	8
REALIZĂRI ȘTIINȚIFICE, PROFESIONALE ȘI ACADEMICE.....	14
1. Sinteza realizărilor științifice, profesionale și academice.....	15
1.1. Prezentare generală a activității academice	15
1.2 Prezentare generala a activitatii de cercetare	19
2. Contributii in sisteme CPS medicale.....	33
2.1. Contribuții în analiza avansată a imaginilor medicale și clasificarea patologiilor	37
2.2. Contribuții în dezvoltarea dispozitivelor inteligente pentru monitorizare medicală	45
2.3. Contribuții în clasificarea atributelor demografice și analiza expresiilor faciale	49
2.4. Contribuții în analiza și mentenanța predictiva.....	57
3. Contributii in CPS si IoT	59
3.1 Contribuții în monitorizarea calității aerului și detecția timpurie a riscurilor	61
3.2. Contribuții în monitorizarea activităților umane și asistarea persoanelor vulnerabile	63
3.3. Contribuții în dezvoltarea infrastructurilor IoT pentru agricultură inteligentă, locuințe inteligente si control la distanta	64
4. Contributii in fiabilitate CPS.....	66
4.1. Fiabilitatea sistemelor de monitorizare a mediului și siguranței	66
4.2. Fiabilitate în sisteme medicale IoT	67
4.3. Fiabilitatea sistemelor mecatronice și a roboților de asistență	67
4.4. Fiabilitatea sistemelor hardware și dispozitivelor asistive	68
4.5. Fiabilitatea platformelor cu resurse limitate	68
4.6. Fiabilitatea sistemelor de asistență la conducere și vehicule autonome	69
5. Contributii in CPS si transport inteligent	70
6. Contributii in CPS si invatare profunda	74
6.1 Tipuri de rețele de Invatare profunda (Deep Learning) utilizate	75
6.2. Contribuții în domeniul Deep Learning și aplicații avansate ...	79
6.3. Rețele generative și viziune computerizată avansată	83

6.4. Învățare prin recompensă (reinforcement learning) și optimizare inteligentă	85
7. Contributii in CPS si mentenanta predictivă	87
7.1. Soluții AI pentru monitorizarea compresoarelor de aer industriale	89
7.2. Diagnosticarea timpurie a stării de sanitate a bateriilor Li-Ion pe baza analizei capacității electrice	91
7.3. Estimarea duratei de viață rămasă (Remaining Useful Life – RUL) a bateriilor Li-Ion.....	92
7.4 Integrarea mentenanței predictive în ecosisteme CPS industriale	94
PLANURI DE EVOLUȚIE ȘI DEZVOLTARE A CARIEREI.....	96
a) Planul de dezvoltare a activitatilor educationale	99
b) Planul de dezvoltare a carierei stiintifice.....	102
c) Corelarea activitatilor didactice cu cele de cercetare stiintifica...	106
d) Implicare institutionala si comunitara.....	108
CONCLUZII FINALE	114
REFERINȚE.....	120
LISTA FIGURILOR	130
LISTA TABELELOR.....	132
LISTĂ DE PUBLICAȚII.....	134

ABREVIERI

CPS	Sisteme Ciber-Fizice / Cyber-Physical Systems
AI	Inteligența artificială
WBAN	Wireless Body Area Networks
IoT	Internet al obiectelor / Internet of things
DESY	Sisteme dependabile / Dependable systems
UTCN	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
WoS	Web of Science
BDI	Baze de date internaționale
ATI	Anestezie si terapie intensivă
RMN	Rezonanța magnetica nucleară
CT	Computer tomograf
MCPS	Sisteme ciber-fizice medicale / Medical Cyber-Physical Systems
CNN	Rețele neuronale convolutive / Convolutional Neural Networks
TL	Invățare prin transfer / Transfer learning
CANBUS	Controller Area Network bus
AUC	Area under the curve
TP	Adevăr pozitiv
TN	Adevăr negativ
FN	Fals negativ
IMU	Unitate de masurare inerțială / Inertial Measurement Unit
LSTM	Long short term memory
GA	Algoritmi genetici / Genetic algorithms
DL	Invățare profundă / Deep learning
MLFFNN	Multilayer Feed-Forward Neural Network
BCE	Entropia încrucișată binară / Binary Cross-Entropy
MSE	Eroare medie patrată / Mean Square Error
V2V	Vehicul la vehicul
V2I	Vehicul la infrastructură
ACC	Control adaptiv al vitezei / Adaptive Cruise Control
ADAS	Sisteme Avansate de Asistență pentru Șofer / Advanced Driver-Assistance Systems
OER	Resurse educaționale libere / Open educational resources
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
MOOC	Massive Open Online Course
IFAC	International Federation of Automatic Control
MIL	Multi instance learning
RUL	Remaining useful life

Teza de abilitare este structurată într-o manieră logică și coerentă, urmărind atât prezentarea parcursului profesional și științific al autorului, cât și evidențierea contribuțiilor originale în domeniul sistemelor ciber-fizice dependabile. Organizarea capitolelor reflectă o progresie naturală de la cadrul conceptual general către aplicații specifice și direcții viitoare de dezvoltare.

Introducere

Capitolul introductiv conturează cadrul teoretic și motivația cercetării, plasând sistemele ciber-fizice (CPS) în contextul transformării digitale contemporane. Sunt discutate rolul IoT, al învățării profunde și al tehnologiilor embedded în dezvoltarea CPS dependabile, precum și provocările majore legate de fiabilitate, securitate, reziliență și funcționare în timp real. Introducerea stabilește obiectivele tezei, caracterul interdisciplinar al cercetării și viziunea generală care ghidează activitatea științifică prezentată.

Capitolul 1 – Sinteza realizărilor științifice, profesionale și academice

Acest capitol oferă o imagine de ansamblu asupra parcursului academic și profesional al autorului. Sunt prezentate activitățile didactice, implicarea în managementul universitar, coordonarea lucrărilor de licență și disertație, precum și colaborările naționale și internaționale. De asemenea, este sintetizată activitatea de cercetare, incluzând proiectele coordonate sau în care autorul a fost implicat, publicațiile științifice și impactul acestora, evidențiat prin indicatori scientometrici.

1. Rezultate științifice concrete și producția academică

Activitatea de cercetare este materializată printr-un **portofoliu consistent de publicații științifice**, peste 70 de articole, care include:

- articole publicate în **reviste internaționale indexate Web of Science**, o parte dintre acestea fiind încadrate în **zonele Q1 și Q2**, demonstrând calitatea și impactul cercetărilor;
- articole publicate în **volumele unor conferințe internaționale prestigioase**, în special din aria IEEE, axate pe sisteme inteligente, deep learning și CPS;
- articole indexate în baze de date internaționale (BDI), care susțin diseminarea largă a rezultatelor obținute.

Publicațiile abordează atât aspecte teoretice, cât și aplicații practice, precum:

- arhitecturi de sisteme ciber-fizice inteligente;
- utilizarea tehnicilor de deep learning în aplicații medicale și industriale;
- fiabilitatea și reziliența sistemelor distribuite;
- mentenanța predictivă și analiza avansată a datelor.

Aceste rezultate confirmă **continuitatea tematică a cercetării**, originalitatea contribuțiilor și capacitatea autorului de a integra tehnologii emergente în soluții funcționale.

2. Cărți, capitole de carte și contribuții editoriale

Capitolul evidențiază, de asemenea, contribuțiile autorului la **dezvoltarea de materiale academice și editoriale**, concretizate prin:

- publicarea de 6 **cărți** în domeniul sistemelor inteligente, al prelucrării datelor și al aplicațiilor software;
- contribuții și materiale didactice utilizate în procesul educațional universitar.

Aceste lucrări reflectă capacitatea autorului de a sintetiza cunoștințe avansate și de a le adapta atât pentru comunitatea științifică, cât și pentru formarea studenților și tinerilor cercetători.

3. Rezultate profesionale și participarea în proiecte de cercetare

Din punct de vedere profesional, sinteza evidențiază implicarea activă a autorului în:

- **proiecte de cercetare naționale și internaționale**, în calitate de membru sau responsabil de activități științifice;
- colaborări interdisciplinare cu parteneri academici și industriali;
- activități de transfer tehnologic și validare experimentală a soluțiilor propuse.

Participarea la aceste proiecte a condus la dezvoltarea de studii de caz și aplicații demonstrative, consolidând legătura dintre cercetarea fundamentală și cea aplicativă.

4. Activitatea didactică și disciplinele predate

Un element esențial al Capitolului 1 îl constituie prezentarea **activității didactice desfășurate în cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca**. Autorul a susținut, în mod constant, discipline la nivel de licență și master, în domenii precum:

- Automatică, Informatică Aplicată și Sisteme Inteligente;
- Ingineria Sistemelor;

Activitatea didactică este caracterizată prin:

- actualizarea permanentă a conținuturilor, în acord cu evoluțiile tehnologice;

- integrarea rezultatelor cercetării proprii în materialele de curs și laborator;
- coordonarea lucrărilor de licență și disertație pe teme avansate, multe dintre acestea având finalitate științifică sau aplicativă.

5. Impact academic și formarea resursei umane

Sinteza realizărilor evidențiază contribuția autorului la **formarea resursei umane de înaltă calificare**, prin:

- coordonarea studenților în activități de cercetare;
- coordonarea studenților în activități de practică;
- coordonarea studenților în lucrări de licență;
- coordonarea studenților în lucrări de dizertație;
- implicarea în comisii academice și activități instituționale;
- susținerea dezvoltării unei culturi a cercetării și inovării în rândul studenților.

Capitolul 2 – Contribuții în sisteme ciber-fizice medicale

Capitolul este dedicat aplicațiilor CPS în domeniul medical, un domeniu critic din punct de vedere al siguranței și fiabilității. Sunt prezentate arhitecturi CPS medicale, soluții Cloud-Fog-Edge și mecanisme de creștere a fiabilității schimbului și procesării datelor. Contribuțiile includ dezvoltarea de modele inteligente pentru analiza imaginilor medicale, monitorizarea parametrilor fiziologici, clasificarea patologiilor și suportul decizional clinic, cu accent pe validarea experimentală și aplicabilitatea practică.

2.1. Contribuții în analiza avansată a imaginilor medicale și clasificarea patologiilor

Subcapitolul prezintă contribuții originale în dezvoltarea și aplicarea algoritmilor de procesare avansată a imaginilor medicale, cu accent pe metode bazate pe inteligență artificială și învățare automată. Sunt discutate soluții pentru detectarea și clasificarea automată a patologiilor, demonstrând îmbunătățiri semnificative ale acurateții diagnosticului asistat de calculator.

2.2. Contribuții în dezvoltarea dispozitivelor inteligente pentru monitorizare medicală

Această secțiune tratează proiectarea și implementarea de dispozitive inteligente integrate în sisteme ciber-fizice medicale. Sunt evidențiate soluții pentru monitorizarea continuă a parametrilor fiziologici, interoperabilitatea cu platforme digitale și creșterea fiabilității sistemelor de asistență medicală.

2.3. Contribuții în clasificarea atributelor demografice și analiza expresiilor faciale

Subcapitolul abordează metode inovatoare pentru analiza automată a feței umane, incluzând recunoașterea atributelor demografice și a expresiilor faciale. Contribuțiile sunt relevante atât pentru aplicații medicale, cât și pentru sisteme inteligente de interacțiune om-mașină.

2.4. Contribuții în analiza și mentenanța predictivă

Această secțiune evidențiază utilizarea CPS și AI pentru analiza datelor complexe și dezvoltarea de modele de mentenanță predictivă, cu aplicații în sisteme medicale și industriale. Sunt demonstrate beneficii clare în reducerea riscurilor și optimizarea proceselor operaționale.

Capitolul 3 – Contribuții în CPS și Internetul Lucrurilor (IoT)

Acest capitol tratează integrarea infrastructurilor IoT în ecosisteme CPS, evidențiind rolul senzorilor distribuiți, al comunicațiilor sigure și al procesării distribuite. Sunt prezentate aplicații concrete în monitorizarea calității aerului, asistarea persoanelor vulnerabile, agricultură inteligentă, locuințe inteligente și control la distanță. Accentul este pus pe arhitecturi scalabile și pe fiabilitatea sistemelor IoT în medii reale.

3.1. Contribuții în monitorizarea calității aerului și detecția timpurie a riscurilor

Subcapitolul prezintă sisteme IoT distribuite pentru monitorizarea mediului, cu accent pe calitatea aerului și identificarea timpurie a riscurilor pentru sănătate. Sunt descrise arhitecturi scalabile și metode de analiză a datelor în timp real.

3.2. Contribuții în monitorizarea activităților umane și asistarea persoanelor vulnerabile

Această secțiune abordează dezvoltarea de soluții CPS pentru recunoașterea activităților umane și sprijinirea persoanelor vulnerabile, utilizând senzori inteligenți și algoritmi de învățare automată. Sunt subliniate implicațiile sociale și etice ale acestor aplicații.

3.3. Contribuții în dezvoltarea infrastructurilor IoT pentru agricultură inteligentă, locuințe inteligente și control la distanță

Subcapitolul descrie soluții IoT integrate pentru optimizarea resurselor în agricultură, automatizarea locuințelor și controlul de la distanță al sistemelor. Contribuțiile evidențiază eficiența energetică și adaptabilitatea infrastructurilor propuse.

Capitolul 4 – Contribuții în fiabilitatea sistemelor CPS

Capitolul analizează în mod sistematic problematica fiabilității în CPS, abordând atât aspecte teoretice, cât și studii de caz practice. Sunt prezentate metode de evaluare și creștere a

fiabilității pentru sisteme de monitorizare a mediului, sisteme medicale IoT, sisteme mecatronice și roboți de asistență, platforme hardware cu resurse limitate, precum și sisteme de asistență la conducere și vehicule autonome. Contribuțiile prezentate vizează atât nivelul arhitectural al CPS, cât și nivelul algoritmic, demonstrând modul în care tehnici de inteligență artificială, IoT și sisteme embedded pot fi integrate pentru a asigura funcționarea corectă și predictibilă a sistemelor în medii reale, caracterizate prin incertitudine și constrângeri severe de resurse.

4.1. Fiabilitatea sistemelor de monitorizare a mediului și siguranței

Acest subcapitol analizează soluții CPS destinate monitorizării mediului și siguranței publice, unde acuratețea măsurărilor și continuitatea funcționării sunt critice. Sunt prezentate arhitecturi distribuite bazate pe senzori IoT și noduri edge, capabile să detecteze degradări ale performanței și să mențină funcționalitatea sistemului în prezența defectelor sau a condițiilor extreme de mediu. Contribuțiile evidențiază metode de redundanță funcțională, filtrare inteligentă a datelor și detecție a anomaliilor în timp real.

4.2. Fiabilitate în sisteme medicale IoT

Subcapitolul tratează problematica fiabilității în sisteme medicale bazate pe IoT, unde erorile pot avea consecințe directe asupra siguranței pacientului. Sunt analizate mecanisme de toleranță la erori, strategii de validare a datelor biomedicale și metode de asigurare a integrității comunicațiilor. Contribuțiile demonstrează modul în care arhitecturile Cloud-Fog-Edge și modelele AI explicabile pot crește încrederea în sistemele medicale conectate.

4.3. Fiabilitatea sistemelor mecatronice și a roboților de asistență

Această secțiune este dedicată CPS mecatronice și roboților de asistență, unde interacțiunea directă cu utilizatorii impune cerințe stricte de siguranță și robustețe. Sunt prezentate modele de evaluare a fiabilității bazate pe monitorizarea continuă a stării sistemului și pe adaptarea comportamentului în funcție de context. Contribuțiile susțin dezvoltarea roboților colaborativi și de asistență sigură în medii dinamice.

4.4. Fiabilitatea sistemelor hardware și dispozitivelor asistive

Subcapitolul abordează fiabilitatea componentelor hardware și a dispozitivelor asistive, cu accent pe limitările impuse de resursele energetice, de uzura componentelor și de variabilitatea condițiilor de utilizare. Sunt analizate metode de diagnosticare timpurie a defectelor și strategii de prelungire a duratei de viață operaționale.

4.5. Fiabilitatea platformelor cu resurse limitate

Această secțiune tratează provocările specifice platformelor embedded și edge, caracterizate prin capacitate redusă de calcul și memorie. Contribuțiile se concentrează pe optimizarea algoritmilor AI, execuția deterministă și reducerea consumului energetic, menținând în același timp performanța și stabilitatea sistemului CPS.

4.6. Fiabilitatea sistemelor de asistență la conducere și vehicule autonome

Subcapitolul analizează CPS utilizate în sisteme avansate de asistență la conducere (ADAS) și vehicule autonome. Sunt discutate mecanisme de redundanță senzorială, fuziune de date și evaluare a riscurilor, demonstrând importanța fiabilității în luarea deciziilor autonome în timp real.

Capitolul 5 – Contribuții în CPS și transport inteligent

Acest capitol este dedicat aplicațiilor CPS în domeniul transporturilor inteligente. Sunt discutate soluții pentru monitorizarea comportamentului de conducere, sisteme ADAS, vehicule autonome și cooperarea V2V/V2I, cu accent pe siguranță, performanță și fiabilitate operațională. Contribuțiile autorului vizează integrarea senzorilor, algoritmilor de percepție bazate pe învățare profundă și mecanismelor de control adaptiv pentru optimizarea traficului și reducerea riscurilor rutiere. Cercetările demonstrează potențialul CPS de a transforma transportul într-un sistem sigur, predictibil și eficient energetic.

Capitolul 6 – Contribuții în CPS și învățare profundă

Capitolul prezintă utilizarea tehnicilor de învățare profundă în cadrul CPS. Sunt analizate tipurile de rețele neuronale utilizate (CNN, LSTM, rețele generative, reinforcement learning), aplicațiile avansate în viziune computerizată, clasificare și optimizare inteligentă, precum și provocările legate de implementarea acestor modele în sisteme reale și embedded.

6.1. Tipuri de rețele de învățare profundă utilizate

Subcapitolul prezintă principalele arhitecturi DL utilizate în cercetare, incluzând CNN, LSTM, GRU, modele hibride CNN-RNN și rețele de tip transformer. Sunt discutate avantajele fiecărui tip de rețea în raport cu aplicațiile CPS.

6.2. Contribuții în domeniul Deep Learning și aplicații avansate

Această secțiune evidențiază contribuții originale în aplicarea DL pentru analiză de date complexe, detecția anomaliilor și clasificare avansată. Sunt prezentate rezultate experimentale care demonstrează creșterea performanței și robustețea în aplicații reale.

6.3. Rețele generative și viziune computerizată avansată

Subcapitolul tratează utilizarea rețelelor generative (GAN) și a tehnicilor avansate de viziune computerizată pentru augmentarea datelor, simulare și analiză vizuală în CPS. Contribuțiile sprijină dezvoltarea sistemelor capabile să funcționeze în condiții de date limitate.

6.4. Învățare prin recompensă (reinforcement learning) și optimizare inteligentă

Această secțiune analizează utilizarea reinforcement learning pentru control adaptiv și optimizare în CPS, demonstrând potențialul acestor metode în sisteme autonome și auto-adaptive.

Capitolul 7 – Contribuții în CPS și mentenanță predictivă

Acest capitol tratează integrarea mentenanței predictive în ecosisteme CPS industriale. Sunt prezentate soluții AI pentru monitorizarea compresoarelor industriale, diagnosticarea timpurie și estimarea duratei de viață rămase a bateriilor Li-Ion, precum și arhitecturi CPS care susțin decizii proactive de mentenanță.

7.1. Soluții AI pentru monitorizarea compresoarelor de aer industriale

Subcapitolul descrie modele AI pentru analiza semnalelor industriale și detectarea timpurie a defectelor în compresoare, demonstrând reducerea timpilor de nefuncționare.

7.2. Diagnosticarea timpurie a stării de sănătate a bateriilor Li-Ion

Această secțiune abordează metode de diagnosticare bazate pe date electrice și modele DL, relevante pentru sisteme energetice și CPS industriale.

7.3. Estimarea duratei de viață rămase (RUL) a bateriilor Li-Ion

Subcapitolul tratează estimarea RUL utilizând arhitecturi LSTM, GRU și modele hibride, evidențind acuratețea predicțiilor în condiții reale de funcționare.

7.4. Integrarea mentenanței predictive în ecosisteme CPS industriale

Ultimul subcapitol discută integrarea completă a mentenanței predictive în ecosisteme CPS, demonstrând beneficiile economice și operaționale ale acestor abordări.

Capitolul 8 – Observații finale

Capitolul sintetizează principalele rezultate obținute în cadrul capitolelor anterioare și evidențiază contribuțiile transversale ale cercetării. Sunt subliniate lecțiile învățate, limitările abordărilor propuse și implicațiile acestora pentru dezvoltarea viitoare a sistemelor CPS dependabile.

Planuri de evoluție și dezvoltare a carierei

Această secțiune prezintă viziunea autorului asupra dezvoltării viitoare a activităților didactice și de cercetare. Sunt detaliate planurile privind evoluția carierei științifice, corelarea activităților educaționale cu cercetarea, precum și implicarea instituțională și comunitară.

Acest capitol conturează direcțiile strategice de evoluție profesională, academică și științifică, avute în vedere în perioada post-abilitare, având ca obiectiv consolidarea poziției academice și dezvoltarea unei activități de cercetare competitive la nivel național și internațional. Planurile propuse sunt fundamentate pe experiența acumulată până în prezent, pe rezultatele obținute în domeniul sistemelor ciber-fizice dependabile, precum și pe tendințele emergente din aria inteligenței artificiale, Internetului Lucrurilor și sistemelor inteligente distribuite.

Viziunea generală a dezvoltării carierei este orientată către afirmarea ca lider academic și științific în domeniul sistemelor cyber-fizice inteligente, cu accent pe integrarea învățării profunde, a infrastructurilor IoT și a tehnologiilor embedded în aplicații critice pentru societate. Această evoluție presupune o abordare echilibrată între excelența didactică, performanța în cercetare și implicarea activă în viața instituțională și comunitară.

a) Planul de dezvoltare a activităților educaționale

Dezvoltarea activităților educaționale va urmări adaptarea continuă a procesului didactic la cerințele pieței muncii, la evoluțiile tehnologice rapide și la nevoile specifice ale studenților din domeniile Automatică, Informatică Aplicată și Sisteme Inteligente. Obiectivul principal este formarea unor absolvenți cu competențe solide, interdisciplinare, capabili să proiecteze, să implementeze și să evalueze sisteme ciber-fizice inteligente și dependabile.

În acest sens, se are în vedere:

- actualizarea permanentă a conținuturilor disciplinelor predate, prin integrarea celor mai recente rezultate de cercetare în domeniul AI, deep learning, edge computing și CPS;
- extinderea utilizării metodelor de predare activă, centrate pe student, incluzând învățarea bazată pe proiecte (project-based learning), studii de caz industriale și utilizarea simulărilor digitale;
- dezvoltarea de laboratoare moderne care să integreze platforme IoT, sisteme embedded și instrumente software avansate pentru analiza datelor și inteligență artificială.

Un obiectiv important îl reprezintă inițierea și consolidarea unor cursuri și module noi, la nivel de licență și master, dedicate tematicilor emergente precum:

- sisteme ciber-fizice dependabile;
- inteligență artificială pentru sisteme embedded;
- mentenanță predictivă și analiză industrială bazată pe date;
- securitate și fiabilitate în IoT și CPS.

De asemenea, se urmărește creșterea implicării în coordonarea lucrărilor de licență, disertație și doctorat, cu accent pe teme de cercetare aplicativă și interdisciplinară, care să conducă la rezultate diseminabile prin publicații științifice sau prototipuri funcționale.

b) Planul de dezvoltare a carierei științifice

Dezvoltarea carierei științifice va fi orientată către consolidarea unei agende de cercetare coerente și vizibile internațional, axată pe proiectarea și evaluarea sistemelor ciber-fizice inteligente și dependabile. Direcțiile principale de cercetare vizează:

- integrarea metodelor de învățare profundă explicabilă (XAI) în CPS critice;
- dezvoltarea de arhitecturi Cloud–Fog–Edge pentru sisteme medicale și industriale;
- aplicarea învățării federative și distribuite în medii IoT eterogene;
- creșterea fiabilității și rezilienței CPS prin mecanisme de auto-monitorizare și auto-adaptare;
- mentenanța predictivă avansată pentru infrastructuri industriale și energetice.

Un obiectiv strategic este coordonarea și atragerea de proiecte de cercetare naționale și internaționale (PN, PNRR, Horizon Europe), în calitate de director sau investigator principal, precum și extinderea colaborărilor existente cu universități și centre de cercetare din Europa, Asia și Australia.

Publicarea rezultatelor în reviste de top indexate Web of Science și participarea activă la conferințe internaționale IEEE și IFAC vor continua să reprezinte priorități, cu accent pe calitatea și impactul științific al contribuțiilor. În paralel, se urmărește implicarea în activități editoriale și de recenzie pentru reviste și conferințe internaționale, contribuind astfel la consolidarea vizibilității academice.

c) Corelarea activităților didactice cu cele de cercetare științifică

Un pilon central al planului de evoluție profesională îl constituie consolidarea sinergiei dintre activitățile didactice și cele de cercetare. Se are în vedere integrarea directă a rezultatelor științifice în procesul educațional, astfel încât studenții să beneficieze de acces la teme actuale și tehnologii de vârf.

Această corelare va fi realizată prin:

- implicarea studenților în proiecte de cercetare aflate în derulare;
- utilizarea datelor reale și a prototipurilor dezvoltate în cadrul cercetării ca suport pentru activități de laborator și proiect;
- dezvoltarea de lucrări de finalizare a studiilor care să conducă la publicații comune student-cadru didactic;
- promovarea culturii cercetării și a gândirii critice încă din ciclul de licență.

Această abordare contribuie la formarea unei noi generații de ingineri și cercetători capabili să abordeze probleme complexe și să contribuie activ la dezvoltarea tehnologiilor emergente.

d) Implicare instituțională și comunitară

Planul de dezvoltare a carierei include o implicare activă și responsabilă în viața instituțională a Universității Tehnice din Cluj-Napoca și în comunitatea academică și profesională. Se urmărește participarea continuă la structuri de conducere academică, comisii și organisme decizionale, contribuind la dezvoltarea strategică a facultății și a universității.

De asemenea, se are în vedere:

- consolidarea relațiilor cu mediul industrial și IT, prin parteneriate educaționale și proiecte comune;
- participarea la activități de popularizare a științei și promovare a domeniilor STEM în rândul elevilor și studenților;
- implicarea în inițiative de tip lifelong learning, cursuri de formare continuă și resurse educaționale deschise (OER, MOOC);
- susținerea comunității academice prin activități de mentorat și coordonare a tinerilor cercetători.

Concluzii finale

Capitolul final oferă o sinteză integratoare a întregii teze, evidențiind contribuția globală la domeniul sistemelor ciber-fizice dependabile. Sunt formulate concluzii generale, este evaluat impactul științific și aplicativ al cercetării și sunt conturate direcții strategice de dezvoltare post-abilitare.

Teza de abilitare sintetizează și evaluează critic activitatea științifică, profesională și academică desfășurată pe parcursul ultimilor ani, având ca axă centrală cercetarea, dezvoltarea și aplicarea **sistemelor ciber-fizice (CPS) inteligente și dependabile**, integrate cu tehnologii de **inteligență artificială, Internet of Things și sisteme embedded**. Contribuțiile prezentate evidențiază un parcurs științific coerent, matur și orientat spre probleme complexe, relevante atât din perspectivă teoretică, cât și aplicativă.

Din perspectivă academică, teza reflectă o **integrare solidă între activitatea de cercetare și cea didactică**, concretizată prin dezvoltarea de cursuri moderne, coordonarea lucrărilor de finalizare a studiilor și implicarea studenților în proiecte de cercetare aplicativă. Această sinergie contribuie la formarea unei noi generații de specialiști capabili să răspundă provocărilor tehnologice actuale.

În ansamblu, teza de abilitare demonstrează **capacitatea autorului de a iniția, conduce și dezvolta direcții de cercetare originale și relevante**, de a coordona activități academice complexe și de a contribui activ la dezvoltarea comunității științifice. Rezultatele obținute confirmă maturitatea științifică și profesională necesară pentru exercitarea rolului de conducător de doctorat și pentru consolidarea unei școli de cercetare în domeniul sistemelor ciber-fizice inteligente și dependabile.

Direcțiile de cercetare viitoare conturate în teză asigură continuitatea și dezvoltarea acestei activități, oferind premisele unor contribuții semnificative la progresul științific și la impactul societal al tehnologiilor emergente.