

FIȘA DISCIPLINEI

Anul universitar 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu” Construcții de mașini și management industrial
1.3 Departamentul	Ingineria și Managementul Mediului/Mașini unelte și scule
1.4 Domeniul de studii	Toate domeniile de doctorat
1.5 Ciclul de studii ¹	Doctorat
1.6 Programul de studii	-

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză, conform Suplimentului la diplomă)	Etică și integritate academică Ethics and Academic Integrity						
2.1.2. Codul disciplinei							
2.2 Titularul/ titularii activităților de curs	Prof.univ.habil.dr.chim. Laura BULGARIU Prof.univ.dr.ing. Neculai Eugen SEGHEIDIN						
2.3 Titularul/ titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)							
2.4 Anul de studii ²	1	2.5 Semestrul ³	2	2.6 Tipul de evaluare ⁴	V	2.7 Tipul disciplinei ⁵	DI

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	3.2 curs	2	3.3a sem.	-	3.3b laborator	-	3.3c proiect	-	3.3.d practică	
3.4 Total ore din planul de învățământ ⁶	28	3.5 curs	28	3.6a sem.	-	3.6b laborator	-	3.6c proiect	-	3.6.d	-
Distribuția fondului de timp ⁷											Nr. ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe											30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren											25
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii											25
Examinări ⁸											4
Alte activități:											
3.7 Total ore studiu individual ⁹	80										
3.8 Total ore pe semestru ¹⁰	108										
3.9 Numărul de credite	4										

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum ¹¹	
4.2 de rezultate ale învățării	

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului ¹²	Prezentare PowerPoint, materiale specifice
5.2 de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului ¹³	-

6. Obiectiv general al disciplinei

Obiectivul acestei discipline este acela de a forma o înțelegere solidă a principiilor care guvernează activitatea de cercetare și responsabilitatea academică, prin dezvoltarea capacității de a identifica și preveni comportamentele neetice, precum plagiatul, fabricarea sau falsificarea datelor, manipularea rezultatelor ori utilizarea inadecvată a surselor, dar și prin cultivarea unei culturi a integrității, în care transparența, corectitudinea și responsabilitatea devin repere constante în activitatea profesională. Aceasta disciplină pune accent pe înțelegerea cadrului normativ național și

internațional, astfel încât doctoranzii să poată naviga cu încredere situațiile complexe care apar în procesul de cercetare/publicare/brevetare, și încurajează doctoranzii să dezvolte bune practici de citare, gestionare a datelor și colaborare, precum și să își asume rolul de promotori ai eticii și ai drepturilor de proprietate intelectuală în comunitatea academică.

7. Rezultatele învățării¹⁴

Cunoștințe	<ul style="list-style-type: none"> - Achiziționarea unor cunoștințe generale legate de principiile eticii profesionale în mediul academic și de proprietate intelectuală. - Înțelegerea detaliată a conținutului ghidului de etică și deontologie profesională al universității, precum și a ghidului pentru doctoranzi privind etica academică și drepturile de proprietate intelectuală.. - Studierea elementelor necesare pentru redactarea unei lucrări de cercetare științifică în vederea publicării într-o revistă științifică de prestigiu, sau a unui brevet de invenții.
Aptitudini	<ul style="list-style-type: none"> - Formarea pentru aplicarea metodologiilor de cercetare științifică. - Analiza bazelor de date științifice. - Înțelegerea principiilor etice și de proprietate intelectuală aplicate în desfășurarea cercetării științifice.
Responsabilitate și autonomie	<ul style="list-style-type: none"> - Respectarea principiilor, normele de etică și de proprietate intelectuală în executarea corectă și la termen a sarcinilor profesionale, prin abordarea unei strategii de muncă riguroase, eficiente și responsabile în luarea deciziilor pentru rezolvarea problemelor; - Integrarea în grupul de lucru și utilizarea tehnicilor de relaționare și de muncă eficientă în echipe multidisciplinare; - Informarea și documentarea permanent în domeniul propriu de activitate prin utilizarea adecvată a metodelor și tehnicilor eficiente de învățare pe durata întregii vieți; - Elaborarea proiectelor și temelor.

8. Metode de predare

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri participative și dezbateri pe baza unor prezentări Power Point care vor fi puse la dispoziția doctoranzilor. Prezentările conțin imagini și schițe, astfel încât informațiile să fie ușor de înțeles și asimilat. Fiecare curs va debuta cu o scurtă recapitulare a noțiunilor parcurse la cursul anterior. Metoda de predare este bazată și pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității, dar și pe metode bazate pe acțiune (precum exercițiul, întrebări de cultura generală, etc.).

9. Conținuturi

9. 1. Curs ¹⁵	Metode de predare	Timp alocat
Partea a I-a		
9.1.1. Etica și integritatea – Concepte. Scurt istoric al evoluției acestor concepte.	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	1 ore
9.1.2. Valori și principii etice în contextul integrității - componenta normativă și trăsăturile principiilor etice; tipuri de principii etice - teme etice în dezbaterile actuale (inegalitatea economică, corupția, discriminarea, responsabilitatea față de mediu, etc.)	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	1 ore
9.1.3. Etica și integritatea academică - conceptul de etică universitară, valori etice universitare - caracteristicile morale ale activităților universitare - integritatea în sistemul universitar - codul de etică și deontologie în universitate - consiliul de etică și management universitar; regulamente - comisiile de etică; regulamente - integritatea relației profesor - doctorand	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	2 ore
9.1.4. Etica și integritatea academică în valorificarea rezultatelor cercetărilor științifice prin publicare/comunicare - Etica articolelor științifice – sisteme de standarde și de conduită profesională	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	4 ore

<ul style="list-style-type: none"> - Principii etice pentru autorii publicațiilor științifice - Forme de încălcare a eticii și integrității academice în valorificarea rezultatelor cercetării. 		
<p>9.1.5. Elaborarea și publicarea materialelor științifice în contextul eticii și deontologiei cercetării</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scopul și beneficiile comunicării și publicării rezultatelor cercetării științifice - Categoriile de materiale științifice - Structura materialelor științifice - Etapele de elaborare a materialelor științifice - Elemente caracteristice ale unui Jurnal (revistă) științific. 	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	6 ore
Partea a II-a		
<p>9.1.6. Proprietate intelectuală. Drepturi de autor.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Istoric - Legea 8/1996 privind drepturile de autor și cele conexe - Subiectul, obiectul, conținutul durată de protecție și limitele exercitării drepturilor de autor - Cesiunea - Programe pentru calculator - Oficiul Român pentru Drepturi de Autor 	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	2 ore
<p>9.1.7. Proprietatea intelectuală. Proprietate industrială. Brevete de invenție</p> <ul style="list-style-type: none"> - Exemple - Legea 64/11.10.1994 republicată privind brevetele de invenție - Atributele unei invenții - Invenția brevetabilă - înregistrarea, publicarea și examinarea cererii de brevet, eliberarea brevetului - Drepturi și obligații - Transmiterea drepturilor - Condiții materiale privind cererea de brevet de invenție. 	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	4 ore
<p>9.1.8. Proprietate intelectuală. Proprietate industrială. Elaborarea cererilor de brevet de invenție</p>	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	4 ore
<p>9.1.9. Proprietate intelectuală. Proprietate industrială. Modelul de utilizare</p>	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	1 ore
<p>9.1.10. Proprietate intelectuală. Proprietate industrială. Modelul sau desenul industrial. Marca</p>	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	1 ore
<p>9.1.11. Brevetul european</p>	Expunere, prelegere, prezentare online – platforma GoogleMeet, discuții cu studenții	2 ore
<p>Bibliografie curs:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. C. Sărmășanu, Note de curs, CNFIS-FDI-2018-0479 “Centru de studii și consultanță pentru Calitatea Educației, Etică și Integritate Academică (CEEIA-CENTER)”, 2018. 2. C. Stoescu, <i>Etica cercetării și proprietatea intelectuală</i>, Editura Universității București, 2014. 3. Codul de etică și deontologie profesională universitară, http://www.calitate.tuiasi.ro/Manualul%20procedurilor.htm TUIASI.COD.01. 4. Emilia Șercan, <i>Deontologie academică. Ghid practic</i>, Editura Universității București, 2017. 5. Ghid Anti-plagiat, SNSPA, Facultatea de Administrație Publică, București, 2015, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013. 6. Legea nr. 206/2004 privind buna conduită în cercetarea științifică, dezvoltarea tehnologică și inovare. 7. Maria Gavrilăscu, Note de curs, CNFIS-FDI-2018-0479 “Centru de studii și consultanță pentru Calitatea Educației, Etică și Integritate Academică (CEEIA-CENTER)”, 2018. 8. N. Seghedin, <i>Aplicații în creația tehnică</i>, Editura Performantica, Iași, 2008, ISBN 978-973-730-454-4, 202 pag. 9. N. Seghedin, <i>Etica și dreptul proprietății intelectuale</i>, Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Studii doctorale pentru performanțe europene în cercetare și inovare (CUANTUMDOC) POSDRU/107/1.5/S/79407 (http://www.cuantumdoc.tuiasi.ro). 		

10. N. Seghedin, *Creativitate tehnică, etică și proprietate intelectuală*. Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, 4D-POSTDOC – Dezvoltarea și susținerea de programe postdoctorale în domenii tehnice prioritare ale strategiei naționale de cercetare-dezvoltare-inovare (<http://ctmtc.utcluj.ro>).
11. N. Seghedin (coord.), *Experiența a 7 universități din România în diseminarea cunoștințelor de proprietate intelectuală*, Editura Performantica, Iași, 2012, ISBN 978-973-730-952-5, 187 pag.
12. N. Seghedin, *Etica cercetării științifice și proprietate intelectuală*, Suport de curs, Editura Performantica, Iași, 2017, ISBN 200 pag.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală (se recomandă să fie în concordanță cu numărul de ore alocat fiecărui tip de activitate)
10.4 Examen/ /Verificare	Completitudinea și corectitudinea cunoștințelor. Coerența logică, fluența, forța de argumentare. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea. Gradul de asimilare a limbajului de specialitate și capacitatea de comunicare. Capacitatea de a valorifica abilitățile dobândite. Capacitatea de a prelucra datele și problemele enunțate.	Evaluarea finală – Partea I – aspecte teoretice și practice predate la curs	50 %
		Evaluarea finală – Partea II – aspecte teoretice și practice predate la curs	50 %
10.6 Condiții de promovare			
Rezultatul evaluării finale la o disciplină rezultă prin considerarea punctajelor și ponderilor alocate fiecărei activități din cadrul disciplinei. Se vor acorda note întregi de la 10 la 1, nota 5 certificând dobândirea rezultatelor învățării minimale aferente unei discipline și acordarea creditelor de studii aferente acesteia.			

Data completării: 05.09.2025

Titular/ titulari de curs: Prof.univ.habil.dr.chim. Laura BULGARIU

Prof.univ.dr.ing. Neculai Eugen SEGHEIDIN

Data avizării în departament: 05.09.2025

Director de departament:
Prof.univ.dr.habil. ing. Brîndușa SLUȘER

Prof. Prof.univ.dr.ing. Cătălin-Gabriel Dumitraș

Data aprobării în Consiliul Facultății: 08.09.2025

Decan,
Prof.univ.dr.ing. Teodor MĂLUȚAN

Conf. univ. dr. ing. Florin NEGOESCU

FIȘA DISCIPLINEI

Anul universitar 2025/2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Inginerie Chimică și Protecția Mediului „Cristofor Simionescu”
1.3 Departamentul	Ingineria și Managementul Mediului
1.4 Domeniul de studii	Toate domeniile de doctorat din Universitate
1.5 Ciclul de studii ¹	Doctorat
1.6 Programul de studii	Programul de pregătire bazat pe studii universitare avansate

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză, conform Suplimentului la diplomă)	Metodologia cercetării științifice și prelucrarea datelor experimentale/ The methodology of scientific research and the processing of experimental data						
2.1.2. Codul disciplinei							DO
2.2 Titularul/ titularii activităților de curs	Profesor univ.habil.dr.ing. Gabriela Lisa						
2.3 Titularul/ titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)							
2.4 Anul de studii ²	I	2.5 Semestrul ³	1	2.6 Tipul de evaluare ⁴	V	2.7 Opționalitate ⁵	

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	1	3.2 curs	1	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect	0	3.3.d practică	
3.4 Total ore din planul de învățământ ⁶	14	3.5 curs	14	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect	0	3.6.d	
Distribuția fondului de timp ⁷										Nr. ore	
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe										28	
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren										21	
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii										18	
Examinări ⁸										2	
Alte activități:											
3.7 Total ore studiu individual ⁹	67										
3.8 Total ore pe semestru ¹⁰	81										
3.9 Numărul de credite	3										

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum ¹¹	Studii de master sau echivalente acestora conform legii, cu un număr cumulat de credite de studii transferabile dobândite, de cel puțin 300
4.2 de rezultate ale învățării	Competențe dobândite în cadrul studiilor de licență și master

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului ¹²	Cursul are caracter interactiv și se desfășoară în format preponderent online, pe platformele aprobate de universitate. Sala trebuie dotată cu videoproiector, tablă, laptop și conexiune la internet, pentru activități interactive și documentare online. Materialele și notele de curs vor fi transmise tuturor cursanților.
5.2 de desfășurare a seminarului / laboratorului/ proiectului ¹³	

6. Obiectiv general al disciplinei

Cursul urmărește dezvoltarea competențelor teoretice și practice necesare conceperii, organizării și realizării unei cercetări științifice riguroase, prin însușirea principiilor, metodelor și tehnicilor specifice procesului de investigare științifică, precum și formarea unei atitudini critice și etice față de activitatea de cercetare.

7. Rezultatele învățării¹⁴

Cunoștințe	<p>Doctorandul/Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - utilizează conceptele fundamentale ale metodologiei cercetării științifice pentru definirea și analiza problemelor de cercetare; - cunoaște etapele procesului de cercetare: formularea problemei, stabilirea obiectivelor, elaborarea ipotezelor și proiectarea designului de cercetare; - distinge între metodele calitative și cantitative, înțelegând principiile și domeniile lor de aplicare; - cunoaște procedeele de prelucrare, analiză și interpretare a datelor experimentale, inclusiv elemente de analiză statistică descriptivă și inferențială; - înțelege structura, logica și cerințele formale ale unui raport științific sau ale unei lucrări de cercetare; - cunoaște principiile publicării științifice, ale evaluării prin peer-review și ale eticii în cercetare.
Abilități	<p>Doctorandul/Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - proiectează și planifică o cercetare științifică completă, adecvată scopului și obiectivelor formulate; - selectează și aplică metode și tehnici de cercetare potrivite contextului științific investigat; - operează cu instrumente de colectare, prelucrare și analiză a datelor experimentale; - interpretează critic rezultatele obținute, formulând concluzii relevante și argumentate; - redactează și prezintă lucrări științifice în conformitate cu standardele academice și de etică profesională; - evaluează calitatea și relevanța cercetărilor științifice existente, demonstrând gândire critică și capacitate de analiză comparativă; - aplică principiile eticii și integrității academice în toate etapele activității de cercetare.
Responsabilitate și autonomie	<p>Doctorandul/Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - își asumă responsabilitatea pentru planificarea și realizarea corectă a activităților de cercetare; - respectă principiile eticii și integrității academice în toate etapele cercetării; - lucrează autonom în proiectarea, analiza și raportarea rezultatelor științifice; - colaborează eficient în echipe de cercetare și contribuie activ la obiectivele comune; - evaluează critic propriile rezultate și își asumă răspunderea pentru calitatea acestora.

8. Metode de predare

În activitatea de predare se vor utiliza prelegeri interactive și dezbateri academice, susținute prin prezentări PowerPoint și materiale digitale, puse la dispoziția doctoranzilor. Prezentările vor include scheme conceptuale, grafice și exemple aplicative, menite să faciliteze înțelegerea critică și integrarea informațiilor. Fiecare sesiune va debuta cu o revizuire sintetică a conținuturilor anterioare, pentru consolidarea cunoștințelor și asigurarea coerenței logice între teme. Metodologia de predare pune accent pe învățarea prin cercetare și descoperire, încurajând analiza independentă, reflecția critică și formularea de ipoteze proprii. Activitatea va include studii de caz și interpretări de date reale, în vederea dezvoltării competențelor de proiectare, analiză și argumentare științifică. Prin combinarea acestor metode, cursul urmărește să consolideze atât competențele teoretice și metodologice, cât și abilitățile practice de aplicare a conceptelor în contexte de cercetare avansată, stimulând gândirea critică, autonomia intelectuală și capacitatea de inovare.

9. Conținuturi

9. 1. Curs ¹⁵	Metode de predare	Timp alocat
9.1.1. Capitolul I. Introducere în metodologia cercetării științifice. I.1. Concepte fundamentale	Prelegere interactivă, Discutii, Explicatii	1 oră
9.1.2. Capitolul II. Proiectarea cercetării II.1. Formularea problemei și a obiectivelor. II.2. Designul cercetării.	Prelegere interactivă, Discutii, Explicatii	3 ore
9.1.3. Capitolul III. Metode și tehnici de cercetare. III.1. Metode calitative III.2. Metode cantitative III.3. Metode mixte	Prelegere interactivă, Discutii, Explicatii	2 ore
9.1.4. Capitolul IV. Prelucrarea datelor experimentale IV.1. Introducere în analiza datelor IV.2. Analiza statistică descriptivă IV.3. Analiza inferențială IV.4. Aplicații practice. Interpretarea statistică a unui set de date reale	Prelegere interactivă, Discutii, Explicatii	4 ore

9.1.5. Capitolul V. Interpretarea și comunicarea rezultatelor. V.1. Redactarea raportului științific / lucrării de cercetare V.2. Publicarea și evaluarea rezultatelor	Prelegere interactivă, Discutii, Explicatii	4 ore
Bibliografie curs:		
1. Creswell, J. W. (2018). Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (5th ed.). SAGE Publications 2. Robson, C., & McCartan, K. (2016). Real World Research (4th ed.). Wiley-Blackwell 3. Montgomery, D. C. (2020). Design and Analysis of Experiments (10th ed.). Wiley 4. Joglekar, A. M. (2016). Statistical Methods for Six Sigma: In R&D and Manufacturing (2nd ed.). Wiley 5. Deb, D., Dey, R., & Balas, V. E. (2019). Engineering Research Methodology: A Practical Insight for Researchers. Springer 6. Thiel, D. V. (2014). Research Methods for Engineers. Cambridge University Press. Cambridge University Press & Assessment 7. Field, A., Miles, J., & Field, Z. (2023). Discovering Statistics Using R and SPSS (6th ed.). Sage 8. Montgomery, D. C. (2020). Introduction to Statistical Quality Control (8th ed.). Wiley 9. Rumsey, D. J. (2021). Statistics for Dummies (4th ed.). Wiley 10. Anghelache, C., Anghel, M. G., Prodan, L. (2020). Statistica. Teorie și aplicații în economie și inginerie. Editura Economică, București. 11. Gastel B., Day Robert A. How to Write and Publish a Scientific Paper, Ninth Edition, Greenwood, 2022. 12. Cargill Margaret, O'Connor Patrick, Writing Scientific Research Articles Strategy and Steps, John Wiley & Sons, Ltd., Publication, 2009 13. Rădulescu Șt.Mihaela, Metodologia cercetării științifice - Elaborarea lucrărilor de licență, masterat, doctorat, Ediția a II-a E.D.P., București, 2007 14. Rădulescu Șt.Mihaela, Metodologia cercetării științifice, E.D.P., București, 2006		
9.2a Seminar	Metode de lucru ¹⁶	Observații, timp alocat
9.2b Laborator	Metode de lucru ¹⁷	
9.2c Proiect	Metode de lucru ¹⁸	

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare		10.3 Pondere din nota finală (se recomandă să fie în concordanță cu numărul de ore alocat fiecărui tip de activitate)
10.4a Examen/ /Verificare	Completitudinea și corectitudinea cunoștințelor. Coerența logică, fluența, forța de argumentare. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea. Gradul de asimilare a limbajului de specialitate și capacitatea de comunicare. Capacitatea de a valorifica abilitățile dobândite. Capacitatea de a prelucra datele și problemele enunțate.	- observarea sistematică a studenților (teme individuale/ de echipă - temele trebuie efectuate în săptămâna dintre cursuri, pregătirea unui referat - studiu de caz). - test de evaluare formativ (verificări pe parcursul semestrului). - test de evaluare sumativ (verificare finală).	30% 30% 40%	100%
10.4b Seminar	Capacitatea de aplicare în practică a cunoștințelor învățate. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea.	- participare activă la activități; - test de evaluare.		
10.4c Laborator	Activitatea de laborator – Capacitatea de lucru în echipă, Capacitatea de aplicare în practică, în contexte diferite, a cunoștințelor învățate. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea.	- realizarea fișelor de laborator (toate lucrările de laborator trebuie efectuate, admițându-se recuperarea doar a unei lucrări de laborator restante); - test de evaluare (colocviu de laborator).		

10.4d Proiect	Participarea la activitatea de proiectare, capacitatea de documentare, aplicarea cunoștințelor în activitatea de proiectare.	- efectuarea activității de proiectare; - finalizarea proiectului; - susținerea proiectului.	
10.5 Condiții de promovare			
Rezultatul evaluării finale la o disciplină rezultă prin considerarea punctajelor și ponderilor alocate fiecărei activități din cadrul disciplinei. Se vor acorda note întregi de la 10 la 1, nota 5 certificând dobândirea rezultatelor învățării minimale aferente unei discipline și acordarea creditelor de studii aferente acesteia.			

Data completării: 04.09.2025

Titular/ titulari de curs: **Profesor univ.habil.dr.ing. Gabriela Lisa**

Data avizării în departament: 05.09.2025

Director de departament
Conf.univ.dr.habil.ing. Brindușa-Mihaela Slușer

Data aprobării în Consiliul Facultății: 08.09.2025

Decan,
Prof.univ.dr.ing. Teodor Măluțan

¹ Licență/ Masterat.

² 1-4 pentru licență, 1-2 pentru masterat.

³ 1-8 pentru licență, 1-4 pentru masterat.

⁴ Examen (E), verificare (V) – din planul de învățământ.

⁵ DOB – disciplină obligatorie, DOP – disciplină opțională, DFA – disciplină facultativă;

⁶ Este egal cu 14 săptămâni x numărul de ore de la punctul 3.1 (similar pentru 3.5, 3.6abc).

⁷ Liniiile de mai jos se referă la studiul individual; totalul se completează la punctul 3.7.

⁸ Între 2 și 6 ore. Acestea reprezintă ore didactice și nu se includ în studiul individual.

⁹ Suma valorilor de pe liniile anterioare, care se referă la studiul individual.

¹⁰ Suma dintre numărul de ore de activitate didactică directă (3.4) și numărul de ore de studiu individual (3.7); trebuie să fie egală cu numărul de credite alocate disciplinei (punctul 3.9) x 27 de ore pe credit.

¹¹ Se menționează disciplinele obligatorii a fi promovate anterior sau echivalente.

¹² Tablă, vidoproiector, flipchart, materiale didactice specifice etc.

¹³ Tehnică de calcul, pachete software, standuri experimentale, etc.

¹⁴ Rezultatele învățării prezentate sub formă de cunoștințe, abilități, responsabilitate și autonomie specifice disciplinei. Rezultatele învățării sunt concordante cu nivelul 7 din CNC, diferențiate în funcție de tipul de program de studii universitare de masterat. Astfel, în cazul masteratului de cercetare, acestea vor include cunoștințe, abilități, responsabilitate și autonomie astfel definite încât să îi permită absolventului să desfășoare activități de cercetare științifică independentă (<https://www.aracis.ro/wp-content/uploads/2025/07/Standarde-specifice-masterat.pdf>

).

¹⁵ Titluri de capitole și paragrafe.

¹⁶ Discuții, dezbateri, prezentare și/sau analiză de lucrări, rezolvare de exerciții și probleme.

¹⁷ Demonstrație practică, exercițiu, experiment.

¹⁸ Studiu de caz, demonstrație, exercițiu, analiza erorilor etc.

FIȘA DISCIPLINEI

Anul universitar 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	
1.3 Departamentul	Școala Doctorală
1.4 Domeniul de studii	
1.5 Ciclu de studii ¹	Doctorat - Program de studii avansate
1.6. Programul de studii	Doctorat

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză, conform Suplimentului la diplomă)	FUNDAMENTELE MATEMATICE ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE <i>Mathematical Foundations for Artificial Intelligence</i>						
2.1.2. Codul disciplinei							
2.2 Titularul/ titularii activităților de curs	prof. dr. STRUGARIU CLAUDIU_RĂDUCU						
2.3 Titularul/ titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)	-						
2.4 Anul de studii ²	1	2.5 Semestrul ³	1	2.6 Tipul de evaluare ⁴	V	2.7 Tipul disciplinei ⁵	Ob

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	1	3.2 curs	1	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect -	3.3.d practică -	
3.4 Total ore din planul de învățământ ⁶	14	3.5 curs	14	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect -	3.6.d	0
Distribuția fondului de timp ⁷										Nr. ore
Studii după manual, suport de curs, bibliografie și notițe										30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren										10
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii										16
Examinări ⁸										5
Alte activități:										
3.7 Total ore studiu individual ⁹	61									
3.8 Total ore pe semestru ¹⁰	75									
3.9 Numărul de credite	3									

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum ¹¹	-
4.2 de rezultate ale învățării	-

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului ¹²	Sală de curs, dotată cu calculator, videoproiector, tablă
5.2 de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului ¹³	-

6. Obiectiv general al disciplinei

Obiectivul general al disciplinei *Fundamentele Matematice ale Inteligenței Artificiale* este însușirea de către studenți a conceptelor și instrumentelor matematice esențiale necesare înțelegerii și utilizării metodelor moderne de inteligență artificială. În paralel, se urmărește dezvoltarea gândirii logice, analitice și algoritmice, precum și formarea capacității de modelare matematică a problemelor specifice domeniului. Cursul vizează dobândirea cunoștințelor fundamentale din domenii precum algebra liniară, analiza matematică, probabilități și statistică, optimizare, necesare pentru înțelegerea algoritmilor de învățare automată și a metodelor de prelucrare a datelor. De asemenea, se urmărește aplicarea acestor concepte matematice în analiza și rezolvarea problemelor practice din inteligența artificială, contribuind la formarea competențelor necesare viitorilor specialiști în domeniul tehnologiilor inteligente.

7. Rezultatele învățării ¹⁴

<p>Cunoștințe</p>	<p>Studentul/ Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definește conceptele matematice fundamentale utilizate în inteligența artificială (vectori, matrici, spații vectoriale, probabilități, variabile aleatoare, funcții de optimizare). - Compară și distinge noțiunile înrudite și proprietățile acestora din algebra liniară, analiza matematică și teoria probabilităților utilizate în modelele de inteligență artificială. - Formulează observații și diferențiază noțiuni, proprietăți și rezultate matematice prin exemple și contraexemplu relevante pentru metodele de învățare automată. - Definește conceptele matematice avansate utilizate în inteligența artificială, precum optimizarea convexă, metodele de gradient, spațiile vectoriale de dimensiune mare și măsuri de similaritate. - Compară și distinge metode matematice utilizate în modelarea și analiza algoritmilor de învățare automată și a proceselor de inferență. - Formulează observații privind proprietățile matematice ale modelelor de inteligență artificială și interpretează rezultatele obținute prin exemple și aplicații. - Definește conceptele de bază din domeniul modelării matematice și al metodelor algoritmice utilizate în inteligența artificială. - Compară și distinge diferite metode matematice utilizate în analiza datelor, învățarea automată și optimizarea modelelor. - Formulează observații și diferențiază concepte, proprietăți și rezultate matematice utilizate în inteligența artificială prin exemple aplicative. - Indică și recunoaște conceptele matematice implicate în formularea și rezolvarea exercițiilor și problemelor specifice inteligenței artificiale.
<p>Aptitudini</p>	<p>Studentul/ Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - explică rolul algebrei liniare în reprezentarea și prelucrarea datelor în inteligența artificială și utilizează operații cu vectori și matrici în modelarea rețelelor neuronale, reducerea dimensionalității și reprezentarea datelor. - aplică concepte de algebră liniară (descompuneri matriciale, valori proprii, transformări liniare) în analiza și implementarea unor metode utilizate în învățarea automată și în prelucrarea datelor. - utilizează noțiuni de probabilități și statistică pentru modelarea incertitudinii, estimarea parametrilor și analiza datelor în probleme specifice inteligenței artificiale. - interpretează și aplică distribuții de probabilitate, estimatori statistici și metode de inferență statistică în analiza modelelor de învățare automată. - explică rolul metodelor de optimizare în antrenarea modelelor de inteligență artificială și aplică metode de optimizare (de exemplu metode bazate pe gradient) pentru ajustarea parametrilor modelelor. - utilizează tehnici de optimizare matematică pentru formularea și rezolvarea problemelor de învățare automată și pentru îmbunătățirea performanței modelelor predictive. - analizează legătura dintre algebra liniară, probabilități, statistică și optimizare în construcția și funcționarea algoritmilor de inteligență artificială. - aplică conceptele matematice studiate pentru interpretarea rezultatelor obținute de modelele de inteligență artificială și pentru evaluarea performanței acestora în probleme practice.
<p>Responsabilitate și autonomie</p>	<p>Studentul/ Absolventul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - folosește gândirea logică și matematică pentru a analiza probleme specifice inteligenței artificiale, identifică conceptele matematice relevante (algebră liniară, probabilități, optimizare) și selectează metodele adecvate pentru modelarea și rezolvarea acestora. - analizează structura matematică a algoritmilor de inteligență artificială, utilizează reprezentări matematice (vectori, matrici, grafuri, distribuții de probabilitate) și scheme de calcul pentru explicarea și implementarea acestora. - adaptează metodele matematice studiate (operații matriciale, estimare statistică, metode de optimizare) pentru rezolvarea problemelor de complexitate mai ridicată din analiza datelor și învățarea automată. - realizează particularizări și generalizări ale unor modele matematice utilizate în inteligența artificială și formulează soluții complete pentru probleme legate de antrenarea și evaluarea modelelor. - extinde metodele matematice de bază la situații noi din domeniul inteligenței artificiale, identifică alternative de modelare sau optimizare și formulează concluzii pe baza ipotezelor matematice utilizate. - analizează metodele matematice utilizate în algoritmi de inteligență artificială, evaluează corectitudinea și eficiența acestora și identifică eventualele erori de modelare sau de raționament. - compară diferite metode matematice utilizate în inteligența artificială și argumentează alegerea unei metode în funcție de structura datelor și de cerințele problemei. - interpretează rezultatele obținute prin metode matematice și modele de inteligență artificială și formulează concluzii relevante pentru problema analizată.

8. Metode de predare

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri participative și discuții interactive pe baza unor prezentări realizate cu suport multimedia (beamer), care vor fi puse la dispoziția studenților. Prezentările vor conține conceptele matematice fundamentale utilizate în inteligența artificială, exemple ilustrative, reprezentări grafice și scheme explicative, astfel încât noțiunile prezentate să fie ușor de înțeles și de asimilat. Materialele de curs și aplicațiile discutate vor fi disponibile studenților pe platforma Moodle sub formă de fișiere PDF.

Metoda de predare este bazată pe învățarea prin descoperire și înțelegere conceptuală, prin explorarea modelelor matematice utilizate în inteligența artificială. În acest sens vor fi utilizate demonstrația matematică, modelarea matematică, analiza unor exemple relevante și interpretarea rezultatelor obținute. De asemenea, procesul de învățare va include și activități practice care urmăresc aplicarea conceptelor matematice în contexte specifice inteligenței artificiale.

9. Conținuturi

9.1. Curs ¹⁵	Metode de predare	Timp alocat
9.1.1. Introducere în inteligență artificială <ul style="list-style-type: none"> - Noțiuni fundamentale de inteligență artificială. - Domenii și aplicații ale inteligenței artificiale. - Rolul matematicii în inteligența artificială. - Exemple de probleme și modele matematice utilizate în AI. 	Expunere cu videoproiector. Prezentare la tablă. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.2. Algebra liniară <ul style="list-style-type: none"> - Vectori și matrici. Operații cu matrici. - Spații vectoriale și transformări liniare. - Valori proprii și vectori proprii. - Reprezentarea datelor în spații vectoriale. 	Expunere cu videoproiector. Prezentare la tablă. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.3. Exemple de aplicații AI care utilizează preponderent noțiuni de algebră liniară <ul style="list-style-type: none"> - Reprezentarea datelor prin vectori și matrici. - Reducerea dimensionalității (PCA). - Reprezentări vectoriale ale datelor. - Utilizarea operațiilor matriciale în rețele neuronale. 	Expunere cu videoproiector. Studii de caz. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.4. Probabilități și statistică. Exemple de aplicații AI care utilizează preponderent noțiuni de teoria probabilităților <ul style="list-style-type: none"> - Spațiul de probabilitate și variabile aleatoare. - Distribuții de probabilitate utilizate în modelarea datelor. - Inferență statistică și estimarea parametrilor. - Modele probabilistice în inteligența artificială (ex. clasificatori probabilistici, modele Bayesiene). 	Expunere cu videoproiector. Prezentare la tablă. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.5. Optimizare <ul style="list-style-type: none"> - Formularea problemelor de optimizare. - Funcții obiectiv și constrângeri. - Metode de optimizare bazate pe gradient. - Rolul optimizării în antrenarea modelelor de machine learning. 	Expunere cu videoproiector. Prezentare la tablă. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.6. Exemple de aplicații AI care utilizează preponderent noțiuni de optimizare <ul style="list-style-type: none"> - Antrenarea modelelor de învățare automată. - Funcții de pierdere și optimizarea parametrilor. - Metode iterative de optimizare utilizate în rețele neuronale. 	Expunere cu videoproiector. Studii de caz. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
9.1.7. Temă avansată (ex. Diferențierea Automată în Machine Learning) <ul style="list-style-type: none"> - Principiile diferențierii automate. - Calculul gradientului în rețele neuronale. - Algoritmul backpropagation. - Aplicații în optimizarea modelelor de învățare automată. Tema poate varia anual în funcție de evoluțiile domeniului AI.	Expunere cu videoproiector. Studii de caz. Prelegere interactivă. Discuții și explicații.	2 ore
Bibliografie curs:		

1. L. Berlyand, P.-E. Jabin, *Mathematics of Deep Learning – An Introduction*, De Gruyter, 2023.
2. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.
3. K. P. Murphy, *Probabilistic Machine Learning: An Introduction*, MIT Press, 2022.
4. H. Nelson, *Essential Math for AI: Next-Level Mathematics for Efficient and Successful AI Systems*, O'Reilly Media, 2023.
5. Charu C. Aggarwal, *Linear Algebra and Optimization for Machine Learning*, Springer, 2020.
6. Stephen Boyd, Lieven Vandenberghe, *Introduction to Applied Linear Algebra – Vectors, Matrices, and Least Squares*, Cambridge University Press, 2018.
7. Lars Eldén, *Matrix Methods in Data Mining and Pattern Recognition*, SIAM, 2019.
8. Gene H. Golub, Charles F. Van Loan, *Matrix Computations*, 4th Edition, Johns Hopkins University Press, 2013.
9. Peter Norvig, Stuart Russell, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, 4th Edition, Pearson, 2021.
10. Andreas C. Müller, Sarah Guido, *Introduction to Machine Learning with Python*, O'Reilly Media, 2017.
11. Florin Leon, *Inteligență artificială: raționament probabilistic, tehnici de clasificare*, Tehnopress, Iași, 2012.
12. J. Nocedal, S. J. Wright, *Numerical Optimization*, 2nd Edition, Springer, 2006.
13. S. Sra, S. Nowozin, S. J. Wright, *Optimization for Machine Learning*, MIT Press, 2011.
14. D. P. Kingma, J. L. Ba, *Adam: A Method for Stochastic Optimization*, Proceedings of ICLR, 2015.
15. S. Ruder, *An Overview of Gradient Descent Optimization Algorithms*, arXiv:1609.04747, 2017.
16. Materiale de curs și prezentări în format electronic disponibile pe platforma Moodle.

9.2a Seminar	Metode de lucru ¹⁶	Observații, timp alocat
---------------------	-------------------------------	-------------------------

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală (se recomandă să fie în concordanță cu numărul de ore alocat fiecărui tip de activitate)
10.4 Examen/ /Verificare	-	-	-
10.5a Seminar	-	-	-
10.5b Laborator	-	-	-
10.5c Proiect	Realizarea unei recenzii de o pagină a unei lucrări despre utilizarea unor tehnici bazate pe AI în domeniul tezei de doctorat	Evaluarea se va realiza pe baza analizei documentului transmis și a unei scurte discuții cu studentul privind conținutul recenziei. Evaluarea vizează relevanța lucrării alese, claritatea prezentării, capacitatea de analiză a metodologiei și a rezultatelor, discutarea implicațiilor și a limitărilor, precum și corectitudinea redactării.	50%
	Ilustrarea utilizării unui algoritm (sau a mai multor algoritmi) discutat pe parcursul cursului, într-o aplicație la alegere, corelată cu tema de cercetare a tezei de doctorat.	Evaluarea se va realiza pe baza analizei documentului transmis și a unei scurte discuții cu studentul privind ilustrarea algoritmului. Evaluarea urmărește corectitudinea descrierii algoritmului, relevanța aplicației, capacitatea de a explica modul de utilizare a metodei, analiza avantajelor și limitărilor și claritatea structurii prezentării.	50%
10.6 Condiții de promovare			
Nota finală este media notelor obținute la cele două teme. Pentru promovarea disciplinei este necesară realizarea ambelor teme			

și obținerea unei note finale de minimum 5. Dacă, în cadrul evaluării, studentul nu poate explica conținutul lucrării transmise, tema respectivă va fi considerată necorespunzătoare și va fi notată cu 0.

Data completării: 16.09.2025

Titular/ titulari de curs: Prof. univ.dr. Strugariu Claudiu-Răducu

Director de departament:

Conf. univ.dr. Marcel-Romică ROMAN

Decan,

Prof.univ.dr.ing. Daniela Tărniceriu

Data avizării în departament:

Director Școală Doctorală,

Licență/ Masterat.

² 1-4 pentru licență, 1-2 pentru masterat.

³ 1-8 pentru licență, 1-4 pentru masterat.

⁴ Examen (E), verificare (V) – din planul de învățământ.

⁵ DOB – disciplină obligatorie, DOP – disciplină opțională, DFA – disciplină facultativă;

⁶ Este egal cu 14 săptămâni x numărul de ore de la punctul 3.1 (similar pentru 3.5, 3.6abc).

⁷ Liniile de mai jos se referă la studiul individual; totalul se completează la punctul 3.7.

⁸ Între 2 și 6 ore. Acestea reprezintă ore didactice și nu se includ în studiul individual.

⁹ Suma valorilor de pe liniile anterioare, care se referă la studiul individual.

¹⁰ Suma dintre numărul de ore de activitate didactică directă (3.4) și numărul de ore de studiu individual (3.7); trebuie să fie egală cu numărul de credite alocate disciplinei (punctul 3.9) x 27 de ore pe credit.

¹¹ Se menționează disciplinele obligatorii a fi promovate anterior sau echivalente.

¹² Tablă, vidoproiector, flipchart, materiale didactice specifice etc.

¹³ Tehnică de calcul, pachete software, standuri experimentale, etc.

¹⁴ Rezultatele învățării prezentate sub formă de cunoștințe, aptitudini, responsabilitate și autonomie specifice disciplinei. Acestea vor fi corelate cu rezultatele învățării pe domenii fundamentale și domenii de licență (Anexa 2 din Standarde specifice ARACIS, www.aracis.ro/wp-content/uploads/2025/04/Standarde-specifice-programe-de-studii-universitare-de-licenta-aprilie-2025.pdf). Pentru programele de masterat, rezultatele învățări sunt aferente nivelului 7 din CNC.

¹⁵ Titluri de capitole și paragrafe.

¹⁶ Discuții, dezbateri, prezentare și/sau analiză de lucrări, rezolvare de exerciții și probleme.

¹⁷ Demonstrație practică, exercițiu, experiment.

¹⁸ Studiu de caz, demonstrație, exercițiu, analiza erorilor etc.

FIȘA DISCIPLINEI
Anul universitar: 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Automatică și Calculatoare
1.3 Departamentul	Automatică și Informatică Aplicată
1.4 Domeniul de studii	Ingineria Sistemelor
1.5 Ciclul de studii	Doctorat
1.6 Programul de studii	

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză)	Sisteme inteligente bazate pe evenimente complexe <i>Complex event-based intelligent systems</i>						
2.1.2. Codul disciplinei	Prof.dr.ing. Adrian Burlacu			2.1.3. Categoria formativă			
2.2 Titularul / titularii activităților de curs							
2.3 Titularul / titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)							
2.4 Anul de studii	1	2.5 Semestrul	1	2.6 Tipul de evaluare	E	2.7 Opționalitate	DO/DI

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	3.2 curs	2	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect	0	3.3.d practică	
3.4 Total ore din planul de învățământ	28	3.5 curs	28	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect	0	3.6.d	0
Distribuția fondului de timp											
Studiu după manual, suport de curs, bibliografie și notițe											Nr. ore
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren											30
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii											40
Examinări											25
Alte activități:											4
3.7 Total ore studiu individual											107
3.8 Total ore pe semestru											135
3.9 Numărul de credite											5

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	
4.2 de rezultate ale învățării	Înțelegerea conceptelor teoretice de bază din ML/AI și procesarea datelor.

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului	Sală de curs dotată cu videoprojector, tablă și acces Internet
5.2 de desfășurare a seminarului /	

6. Obiectivul general al disciplinei

Familiarizarea doctoranzilor cu fundamentele teoretice și paradigmele moderne de procesare a fluxurilor de date masive, utilizând tehnici de inteligență artificială aplicate pe serii de evenimente.

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Studentul / Absolventul: Cunoașterea avansată a teoriilor, conceptelor și paradigmele actuale de la frontiera cercetării în domeniul arhitecturilor orientate pe evenimente (Event-Driven Architectures) și procesării evenimentelor complexe (CEP). Înțelegerea profundă a fundamentelor matematice și arhitecturale care permit integrarea algoritmilor de inteligență artificială (Machine Learning / Deep Learning) pe fluxuri continue și masive de date (Data Streaming). Identificarea și asimilarea stadiului actual al cercetării internaționale (State-of-the-Art), inclusiv a limitărilor teoretice și a problemelor deschise în detecția anomaliilor, analiza predictivă și derivarea conceptelor (Concept Drift) în timp real.
	Studentul / Absolventul: Analizează critic, evaluează și sintetizează literatura de specialitate (articole științifice de top) pentru a formula noi ipoteze de cercetare în domeniul sistemelor inteligente bazate pe evenimente. Proiectează și modelează conceptual arhitecturi teoretice scalabile și tolerante la defecte, destinate rezolvării unor probleme complexe în medii dinamice Are abilitatea de a redacta sinteze științifice avansate (Research Proposals sau Reviews) și de a argumenta riguros alegerile tehnologice sau teoretice, la un nivel de claritate și calitate compatibil cu standardele de publicare academică (ex. conferințe/jurnale IEEE, ACM).
	Studentul / Absolventul: - să utilizeze în mod responsabil conceptele, metodele și instrumentele specifice tehnologiilor blockchain în contexte academice, de cercetare și de dezvoltare avansată - să ia decizii argumentate privind alegerea arhitecturilor, mecanismelor de consens și soluțiilor de securitate, în raport cu cerințele aplicației și constrângerile mediului de implementare - să evalueze critic rezultatele experimentale, limitele soluțiilor propuse și impactul tehnologiilor blockchain asupra performanței, confidențialității și interoperabilității - să manifeste autonomie în proiectarea, dezvoltarea și validarea unor prototipuri sau direcții de cercetare originale în domeniul blockchain - să respecte cerințele de etică, securitate, protecția datelor și conformitate aplicabile sistemelor distribuite și aplicațiilor descentralizate - să colaboreze în echipe de cercetare interdisciplinare și să comunice clar, riguros și argumentat rezultatele obținute în contexte științifice și profesionale

8. Metode de predare

Predarea se bazează pe expunere interactivă, analiză de concepte și protocoale, studii de caz, discuții critice și exemple aplicative specifice tehnologiilor blockchain. Activitatea didactică urmărește corelarea fundamentelor teoretice cu probleme actuale de cercetare, prin încurajarea participării active, a argumentării științifice și a evaluării comparative a soluțiilor existente.

9. Conținuturi

9.1. Curs		Metode de predare	Timp alocat
1	Fundamentele Arhitecturilor Orientate pe Evenimente (EDA). Evoluția de la sisteme tranzacționale la sisteme reactive și inteligente.		2 ore

2	Teoria Procesării Evenimentelor Complexe (CEP). Ontologia evenimentelor, semantica timpului, algebre de evenimente și tipare (pattern matching).	Expunere, prelegere, prezentare online, discuții cu studenții	4 ore
3	Paradigme arhitecturale pentru Stream Processing. Analiza critică a arhitecturilor Kappa și Lambda. Concepte de toleranță la defecte și managementul stării.		4 ore
4	Învățarea automată pe fluxuri de date (Online/Streaming ML). Fundamente teoretice. Detecția și adaptarea la derivarea conceptelor (Concept Drift).		4 ore
5	Modele Deep Learning pentru date secvențiale. O privire aprofundată asupra Rețelelor Recurente (RNN, LSTM), Temporal Convolutional Networks (TCN) și a arhitecturilor Transformer aplicate pe serii temporale de evenimente.		4 ore
6	Integrarea Edge-Cloud în sistemele IoT. Agregarea, filtrarea și inferența AI la marginea rețelei (Edge AI) – provocări teoretice de scalabilitate.		4 ore
7	Detecția anomaliiilor în timp real. Modele statistice, nesupervizate și semi-supervizate. Aplicații în securitate cibernetică și mentenanță predictivă.		4 ore
8	Stadiul actual al cercetării (State of the Art) și viitorul EDA. Sisteme neuro-simbolice, raționament causal bazat pe evenimente, provocări etice și limitări actuale în cercetare.		2 ore

Bibliografie Curs:

1. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, Deep Learning, 2015
2. T. Silva and L. Zhao, Machine Learning in Complex Networks, Springer, 2016
3. F. Mangos and J. Ferraro, AI and Gamification Technologies for Complex Work, CRC Press, 2025

9.2a Seminar		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2b Laborator		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2c Proiect		Metode de lucru	Timp alocat
1			

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală [%]
10.4 Examen / Verificare	Completitudinea și corectitudinea cunoștințelor. Coerența logică, fluența, forța de argumentare. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea. Gradul de asimilare a limbajului de specialitate și capacitatea de comunicare. Capacitatea de a valorifica abilitățile dobândite. Capacitatea de a prelucra datele și problemele enunțate.	- observarea sistematică a studenților - test de evaluare formativ (verificări pe parcursul semestrului).	50%
		- test de evaluare sumativ (verificare finală) cu probă teoretică și practică	50%
10.5a Seminar	Capacitatea de aplicare în practică a cunoștințelor învățate. Capacitatea de analiză, de interpretare personală, originalitatea, creativitatea.	- participare activă la activități; - test de evaluare.	
10.5b Laborator	Activitatea de laborator – Capacitatea de lucru în echipă, capacitatea de aplicare în practică, în contexte diferite, a cunoștințelor învățate.	- realizarea lucrilor de laborator (toate lucrurile de laborator trebuie efectuate, admițându-se recuperarea de către unii studenți la proiectare)	
10.5c Proiect	Participarea la activitatea de proiectare, capacitatea de documentare, aplicarea cunoștințelor în activitatea de proiectare.	- finalizarea proiectului; - susținerea proiectului	

10.6 Condiții de promovare

certificând dobândirea rezultatelor învățării minimale aferente unei discipline și acordarea creditelor de studii aferente acesteia.

Rezultatele minime ale învățării:

- identificarea anomaliilor de funcționare în sisteme complexe utilizând tehnici bazate pe ML/AI
- proiectarea arhitecturilor inteligente bazate pe data-driven control pentru sisteme complexe

Data completării: 28.09.2025

Titular/ titulari de curs: Prof.dr.ing. Adrian Burlacu

Titular/ titulari de aplicații:

Data avizării în departament: **Director Departament** Conf.dr.ing. Mihai Postolache

Data aprobării în Consiliul: **Decan:** Prof.univ.dr.ing. Adrian BURLACU

FIȘA DISCIPLINEI

Anul universitar 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Facultatea de Automatică și Calculatoare
1.3 Departamentul	Departamentul de Automatică și Informatică Aplicată
1.4 Domeniul de studii	Ingineria Sistemelor
1.5 Ciclul de studii ¹	Doctorat - Program de studii avansate
1.6. Programul de studii	Doctorat

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză, conform Suplimentului la diplomă)				Metode bazate pe învățare automată în controlul predictiv <i>Machine learning-based methods in predictive control</i>			
2.1.2. Codul disciplinei							
2.2 Titularul/ titularii activităților de curs				Conf. dr. ing Anca Maxim			
2.3 Titularul/ titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)				-			
2.4 Anul de studii ²	1	2.5 Semestrul ³	1	2.6 Tipul de evaluare ⁴	E	2.7 Tipul disciplinei ⁵	DI

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	3.2 curs	2	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect	3.3.d practică -	
3.4 Total ore din planul de învățământ ⁶	28	3.5 curs	28	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect	3.6.d	0
Distribuția fondului de timp ⁷										Nr. ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe										42
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren										40
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii										20
Examinări ⁸										5
Alte activități:										
3.7 Total ore studiu individual ⁹	107									
3.8 Total ore pe semestru ¹⁰	135									
3.9 Numărul de credite	5									

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum ¹¹	-
4.2 de rezultate ale învățării	-

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului ¹²	Sală de curs, dotată cu calculator, videoproiector, tablă
5.2 de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului ¹³	-

6. Obiectiv general al disciplinei

Disciplina urmărește aprofundarea principalelor metode de învățare automată folosite în controlul predictiv, astfel încât doctorandul să dobândească competențe specifice pentru a proiecta diferiți algoritmi bazați pe învățare automată specifici controlului predictiv, și a evalua performanțele acestora, în vederea dezvoltării unor direcții noi de cercetare în domeniu și furnizarea de soluții pentru diverse aplicații din lumea reală.

7. Rezultatele învățării ¹⁴

Cunoștințe	<p>Doctorandul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identifică metodele principale de învățare automată utilizate în controlul predictiv. - explică caracteristicile fundamentale a metodelor de învățare automată. - clasifică principalele metode de învățare automată folosite în controlul predictiv. - definește indicii de performanță specifici evaluării rezultatelor obținute aplicând metode de învățare automată.
Aptitudini	<p>Doctorandul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aplică diverse metode de învățare automată specifice controlului predictiv. - evaluează critic metodele de învățare automată cu utilizarea unor indici de performanță specifici. - justifică alegerea unor metode de învățare automată în funcție de cerințele de proiectare. - proiectează algoritmi de învățare automată pentru structuri de control predictiv. - interpretează și prezintă rezultatele obținute în limbaj academic de specialitate.
Responsabilitate și autonomie	<p>Doctorandul:</p> <ul style="list-style-type: none"> - își asumă responsabilitatea pentru planificarea și implementarea activităților de cercetare. - respectă principiile eticii și integrității academice în cercetarea realizată. - lucrează independent și se documentează în domeniul activității de cercetare. - elaborează proiecte de cercetare și își asumă răspunderea pentru rezultatele obținute.

8. Metode de predare

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri interactive și discuții pe baza unor materiale care vor fi puse la dispoziția studenților. Metoda de predare este bazată și pe modele de învățare prin cercetare și descoperire, încurajând analiza independentă și formularea de ipoteze proprii. Activitatea va include studii de caz bazate pe articole științifice din literatura de specialitate.

9. Conținuturi

9. 1. Curs¹⁵	Metode de predare	Timp alocat
Cap 1. Introducere în învățarea automată	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore
Cap 2. Metode bazate pe învățare automată supravegheată (supervised learning) <ul style="list-style-type: none"> • metode de clasificare liniare • metode de clasificare neliniare 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore
Cap 3. Metode bazate pe învățare automată nesupravegheată (unsupervised learning) <ul style="list-style-type: none"> • algoritmi bazați pe grupare (clustering) • algoritmi bazați pe asocieri (association) 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore
Cap 4. Metode bazate pe învățare automată prin consolidare (reinforcement learning) <ul style="list-style-type: none"> • algoritmul Q-learning 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore
Cap 5. Metode bazate pe învățare automată semi-supravegheată (semi-supervised learning) <ul style="list-style-type: none"> • metode de etichetare bazate pe grafuri 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore
Cap 6. Metode bazate pe învățare automată în controlul predictiv (ML-MPC) <ul style="list-style-type: none"> - determinarea modelului de predicție <ul style="list-style-type: none"> • învățare online • învățare recurentă 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	4 ore
Cap 7. Metode bazate pe învățare automată în controlul predictiv <ul style="list-style-type: none"> - determinarea legii de control <ul style="list-style-type: none"> • metode de optimizare globală • metode de optimizare bazate pe gradient 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	4 ore
Cap 8. Metode bazate pe învățare automată supravegheată în controlul predictiv <ul style="list-style-type: none"> - control predictiv bazat pe rețele neuronale (NN-MPC) <ul style="list-style-type: none"> • rețele neuronale recurente (RNN) • rețele neuronale feedforward (FNN) 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	4 ore
Cap 9. Evaluarea calității sistemelor de învățare automată <ul style="list-style-type: none"> • Acuratețe • Precizie • Retragere (recall) • Scor T1 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	2 ore

<p>Cap 10. Studii de caz.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicație a algoritmului ML-MPC pe un exemplu de proces chimic. • Aplicație a algoritmului ML-MPC explicit pe un exemplu de proces chimic neliniar. • Aplicație a algoritmului ML-MPC online pe un exemplu de infrastructură de incarcare a vehiculelor electrice. 	Prelegere interactivă, Discuții, Explicații	4 ore
<p>Bibliografie curs:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bemporad, Alberto. (2025). <i>Model Predictive Control – Learning-based MPC</i>. IMT School for Advanced Studies Lucca. 2. Wang, Wenlong & Tian, Yuhe & Wu, Zhe. (2025). <i>Explicit machine learning-based MPC for distributed control of nonlinear processes</i>. Control Engineering Practice 165, 106534. 10.1016/j.conengprac.2025.106534 3. Wu, Zhe & Christofides, Panagiotis & Wu, Wanlu & Wang, Yujia & Abdullah, Fahim & Alnajdi, Aisha & Kadakia, Yash. (2024). <i>A tutorial review of machine learning-based model predictive control methods</i>. Reviews in Chemical Engineering. 41. 359-400. 10.1515/revce-2024-0055. 4. Mejdı, Lazher & Kardous, Faten & Grayaa, Khaled. (2024). <i>Machine Learning-Based Online MPC for Large-Scale Charging Infrastructure Management</i>. IEEE Access. PP. 1-1. 10.1109/ACCESS.2024.3374897. 5. Geron, Aurelien (2019). <i>Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow</i>. O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472. 6. Muller, Andreas & Guido, Sarah. (2017). <i>Introduction to Machine Learning with Python. A Guide for Data Scientists</i>. O'Reilly Media, Inc., 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472. 7. Shalev-Shwartz, Shai & Ben-David, Shai (2014). <i>Understanding Machine Learning. From Theory to Algorithms</i>. Cambridge University Press. New York. 		
9.2a Seminar	Metode de lucru ¹⁶	Observații, timp alocat
9.2b Laborator	Metode de lucru ¹⁶	Observații, timp alocat
9.2c Proiect	Metode de lucru ¹⁶	Observații, timp alocat

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală (se recomandă să fie în concordanță cu numărul de ore alocat fiecărui tip de activitate)
10.4 Examen/ /Verificare	<p>Completitudinea și corectitudinea cunoștințelor în domeniul metodele de învățare automată specifice controlului predictiv.</p> <p>Capacitatea de analiză și de interpretare personală.</p> <p>Gradul de asimilare a limbajului de specialitate și capacitatea de comunicare.</p> <p>Capacitatea de a valorifica abilitățile dobândite.</p> <p>Capacitatea de a prelucra datele și problemele enunțate.</p>	- test de evaluare sumativ (verificare finală).	100%
10.5a Seminar			
10.5b Laborator			
10.5c Proiect			

10.6 Condiții de promovare

Rezultatul evaluării finale la o disciplină rezultă prin considerarea punctajelor și ponderilor alocate fiecărei activități din cadrul disciplinei. Se vor acorda note întregi de la 10 la 1, nota 5 certificând dobândirea rezultatelor învățării minimale aferente unei discipline și acordarea creditelor de studii aferente acesteia.

Data completării: 14.09.2025

Titular/ titulari de curs: conf.dr.ing. Anca Maxim

Director de departament,
Conf.dr.ing. Mihai Postolache

Decan,
Prof.dr.ing. Adrian Burlacu

Data avizării în departament:

Director Școală Doctorală,

Licență/ Masterat.

² 1-4 pentru licență, 1-2 pentru masterat.

³ 1-8 pentru licență, 1-4 pentru masterat.

⁴ Examen (E), verificare (V) – din planul de învățământ.

⁵ DOB – disciplină obligatorie, DOP – disciplină opțională, DFA – disciplină facultativă;

⁶ Este egal cu 14 săptămâni x numărul de ore de la punctul 3.1 (similar pentru 3.5, 3.6abc).

⁷ Liniile de mai jos se referă la studiul individual; totalul se completează la punctul 3.7.

⁸ Între 2 și 6 ore. Acestea reprezintă ore didactice și nu se includ în studiul individual.

⁹ Suma valorilor de pe liniile anterioare, care se referă la studiul individual.

¹⁰ Suma dintre numărul de ore de activitate didactică directă (3.4) și numărul de ore de studiu individual (3.7); trebuie să fie egală cu numărul de credite alocate disciplinei (punctul 3.9) x 27 de ore pe credit.

¹¹ Se menționează disciplinele obligatoriu a fi promovate anterior sau echivalente.

¹² Tablă, vidoproiector, flipchart, materiale didactice specifice etc.

¹³ Tehnică de calcul, pachete software, standuri experimentale, etc.

¹⁴ Rezultatele învățării prezentate sub formă de cunoștințe, aptitudini, responsabilitate și autonomie specifice disciplinei. Acestea vor fi corelate cu rezultatele învățării pe domenii fundamentale și domenii de licență (Anexa 2 din Standarde specifice ARACIS, www.aracis.ro/wp-content/uploads/2025/04/Standarde-specifice-programe-de-studii-universitare-de-licenta-aprilie-2025.pdf). Pentru programele de masterat, rezultatele învățări sunt aferente nivelului 7 din CNC.

¹⁵ Titluri de capitole și paragrafe.

¹⁶ Discuții, dezbateri, prezentare și/sau analiză de lucrări, rezolvare de exerciții și probleme.

¹⁷ Demonstrație practică, exercițiu, experiment.

¹⁸ Studiu de caz, demonstrație, exercițiu, analiza erorilor etc.

FIȘA DISCIPLINEI

Anul universitar: 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Facultatea de Automatică și Calculatoare
1.3 Departamentul	Departamentul de Automatică și Informatică Aplicată
1.4 Domeniul de studii	Ingineria Sistemelor
1.5 Ciclul de studii	Doctorat - Program de studii avansate
1.6. Programul de studii	Doctorat

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză, conform Suplimentului la diplomă)		Metode avansate de inteligență artificială pentru sisteme complexe <i>Advanced artificial intelligence methods for complex systems</i>					
2.1.2. Codul disciplinei				2.1.3. Categoria formativă			
2.2 Titularul / titularii activităților de curs		Conf.dr.ing. Carlos-Mihai PASCAL					
2.3 Titularul / titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)							
2.4 Anul de studii	1	2.5 Semestrul	1	2.6 Tipul de evaluare	E	2.7 Opționalitate	DO

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	3.2 curs	2	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect	0	3.3.d practică	
3.4 Total ore din planul de învățământ	28	3.5 curs	28	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect	0	3.6.d	0
Distribuția fondului de timp											Nr. ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe											62
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren											20
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii											20
Examinări											5
Alte activități:											
3.7 Total ore studiu individual	107										
3.8 Total ore pe semestru	135										
3.9 Numărul de credite	5										

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	-
4.2 de rezultate ale învățării	-

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului	Sală de curs, dotată cu calculator, videoproiector, tablă
5.2 de desfășurare a seminarului /	

6. Obiectivul general al disciplinei

Disciplina vizează deprinderea unor metode avansate de inteligență artificială, în special învățarea prin întărire multi-agent (MARL), necesare pentru a proiecta și coordona agenți autonomi capabili să opereze în cadrul unor sisteme complexe și dinamice.

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Doctorandul: descrie conceptele fundamentale ale sistemelor multi-agent și elementele constitutive ale unui proces de decizie Markov (MDP) schițează arhitectura de bază a algoritmului Q-Learning; transpune o problemă de decizie complexă într-o ierarhie de acțiuni prin utilizarea conceptelor de învățare prin întărire ierarhică (Hierarchical RL); explică necesitatea utilizării unui factor de discount pentru a garanta că returnările sunt finite în procesele de decizie care nu se termină (non-terminating MDPs); distinge între jocurile în formă normală (stative), jocurile repetitive și jocurile stocastice (Markov games); asociază modelul POSG (Partially Observable Stochastic Game) cu scenariile de control din lumea reală; compară abordarea MiniMax (specifică jocurilor cu sumă nulă) cu echilibrul Nash, evidențind condițiile în care o politică de răspuns optim reciproc este stabilă; interpretează conceptul de echilibru corelat ca o generalizare a echilibrului Nash, unde agenții își pot coordona acțiunile pe baza unor semnale private; rezumă provocările majore ale învățării în sisteme multi-agent, cu accent pe nestaționaritate (problema țintei în mișcare) și pe problema atribuirii creditului multi-agent (disocierea contribuțiilor individuale dintr-o recompensă comună); explica limitările algoritmilor clasici precum Nash Q-Learning în contextul jocurilor fără echilibru determinist staționar; demonstrează funcționarea paradigmei CTDE, explicând cum informația globală poate fi folosită la antrenament pentru a obține politici locale independente; distinge între metodele de descompunere a valorii, precum VDN și QMIX, pentru rezolvarea sarcinilor cu recompensă comună; descrie modul în care MARL este aplicat în managementul flotelor de roboți din depozite (ex. RWARE) pentru optimizarea livrării rafturilor către stațiile de ambalare;
	Doctorandul:

Aptitudini	<p>distinge între procesele de decizie Markov (MDP) complet observabile și variantele parțial observabile (POMDP) în contextul fundamentelor;</p> <p>interpretează structura unui joc în formă normală prin intermediul matricilor de recompensă pentru a identifica interdependențele dintre acțiunile agenților;</p> <p>confruntă modelele de jocuri stocastice cu jocurile repetitive pentru a determina modul în care tranzițiile de stare influențează strategiile pe termen lung;</p> <p>validează dacă o strategie comună constituie un Echilibru Nash;</p> <p>concluzionează asupra optimalității unei soluții prin prisma conceptului de optim Pareto;</p> <p>apreciază diferențele dintre eficiența socială (Social Welfare) și echitate (Fairness) în selectarea echilibrelor într-un mediu multi-agent;</p> <p>critică utilizarea algoritmilor de tip IQL în medii dinamice, evidențiind instabilitatea cauzată de problema nestaționarității;</p> <p>justifică complexitatea problemei atribuirii creditului (Credit Assignment) în timp și între agenți pentru a izola contribuția individuală la o recompensă comună;</p> <p>decide utilizarea tehnicilor de Self-play versus Mixed-play în antrenarea agenților, în funcție de natura competitivă sau cooperativă a mediului;</p> <p>revizuieste hiperparametrii algoritmilor de tip QMIX sau VDN pentru a asigura o descompunere corectă și monotonă a valorii totale în utilități individuale;</p> <p>valuează eficiența metodelor de gradient de politică, precum MADDPG sau Multi-Agent PPO, în gestionarea spațiilor de acțiune continue sau discrete;</p> <p>măsoară performanța sistemelor multi-agent în scenarii logistice (depozite robotizate) sau de conducere autonomă, utilizând curbe de învățare bazate pe returnări medii;</p> <p>estima scalabilitatea algoritmilor propuși atunci când numărul de agenți crește, anticipând explozia spațiului de stări și acțiuni.</p> <p>utilizează literatura științifică de actualitate pentru sinteza stadiului cunoașterii</p>
Responsabilitate și autonomie	<p>Doctorandul:</p> <p>va pune întrebări critice privind limitările cunoașterii complete a mediului față de utilizarea simulatoarelor în învățarea prin întărire multi-agent (MARL)</p> <p>va propune concepte de soluție adecvate (Echilibru Nash, Pareto sau optimizarea bunăstării sociale) în funcție de natura cooperativă sau competitivă a sarcinii</p> <p>va efectua experimente independente pentru a evalua scalabilitatea algoritmilor în medii cu un număr mare de agenți, gestionând explozia spațiului de stări și acțiuni</p> <p>va implementa paradigma CTDE, permițând agenților să utilizeze informații privilegiate în timpul antrenamentului, dar să acționeze independent în faza de execuție.</p> <p>este pregătit să asculte și să integreze cerințele tehnice sau abordări din literatura de specialitate pentru a-și îmbunătăți propriile implementări de Deep MARL</p>

8. Metode de predare

--

9. Conținuturi

9.1. Curs		Metode de predare	Timp alocat
1	Fundamentele învățării prin întărire (Reinforcement Learning) 1.1 Agent și sisteme multi-agent (MA) 1.2 Concepte de bază în RL (MDP, Ecuațiile Bellman, Q-Learning) 1.3 Integrarea cu rețele neurinale (DQN, PPO, SAC)	Expunere cu videoproector. Prezentare la tablă. Prelegere interactivă. Discuții și explicații	6 ore
2	Modele de interacțiune și jocuri 2.1 Jocuri în formă normală și jocuri repetitive 2.2 Jocuri stocastice (Markov Games) 2.3 Jocuri parțial observabile (DEC-POMDP / POSG) 2.4 Modelarea comunicării și a cunoștințelor comune		4 ore
3	Teoria jocurilor și concepte de soluție 3.1 Politici comune și strategii dominante 3.2 Abordarea MiniMax (jocuri cu sumă nulă) 3.3 Echilibrul Nash și echilibrul corelat. Selecția echilibrului și limitări 3.4 Optimum Pareto și eficiența socială (Social Welfare)		4 ore
4	Provocări și taxonomia învățării în MAS 4.1 Învățarea independentă (IQL) vs. învățarea centralizată 4.2 Provocări: nestaționaritatea, problema atribuirii creditului (credit assignment), explozia spațiului de stări 4.4 Dinamica învățării (Self-play și Mixed-play) 4.5 Algoritmi clasici: Minimax Q-Learning, Nash Q-Learning, No-Regret Learnin		6 ore

5	Algoritmi Deep MARL moderni 5.1 Paradigma CTDE (Centralized Training, Decentralized Execution) 5.2 Metode bazate pe valoare. Descompunerea recompenselor (VDN, QMIX, QTRAN) 5.3 Metode de gradient de politică (Multi-Agent PPO, MADDPG) 5.4 Mecanisme de atenție și comunicare între agenți	4 ore
6	Aplicații practice și studii de caz 6.1 Managementul flotei de roboți în logistică 6.2 Sisteme de transport inteligente și conducere autonomă 6.3 Strategii de tranzacționare în piețe financiare 6.4 Inteligența artificială în jocuri video complexe	4 ore

Bibliografie curs:

- Albrecht, S.V., Christianos, F., Schäfer, L., (2024). Multi-agent reinforcement learning: Foundations and modern approaches. MIT Press.
- Russell, S. J., Norvig, P. (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson
- Sutton, R. S., Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction (2nd ed.). The MIT Press
- Articole recente din reviste și conferințe de din domeniu

9.2a Seminar		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2b Laborator		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2c Proiect		Metode de lucru	Timp alocat
1			

Bibliografie aplicații (seminar / laborator / proiect):

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală [%]
10.4 Examen / Verificările	Completitudinea și corectitudinea cunoștințelor; coerența logică, fluența, forța de argumentare; capacitatea de analiză critică a literaturii; abilitatea de integrare a mai multor paradigme de inteligență artificială distribuită. capacitatea de a evalua limitele, riscurile și implicațiile metodelor studiate	Examen - prezentare orală a două subiecte	100%
10.5a Seminar			
10.5b Laborator			
10.5c Proiect			

10.6 Condiții de promovare

Rezultatul evaluării finale la o disciplină rezultă prin considerarea punctajelor și ponderilor alocate fiecărei activități din cadrul disciplinei. Se vor acorda note întregi de la 10 la 1, nota 5 certificând dobândirea rezultatelor învățării minimale aferente unei discipline și acordarea creditelor de studii aferente acestora.

Data completării: 14.09.2025

Titular/ titulari de curs: Conf.dr.ing. Carlos-Mihai PASCAL

Director de departament: Conf.dr.ing. Mihai POSTOLACHE

Decan: Prof.univ.dr.ing. Adrian BURLACU

Data avizării în departament: **Director Școală Doctorală:**

FIȘA DISCIPLINEI
Anul universitar: 2025-2026

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
1.2 Facultatea	Automatică și Calculatoare
1.3 Departamentul	Automatică și Informatică Aplicată
1.4 Domeniul de studii	Ingineria Sistemelor
1.5 Ciclul de studii	Doctorat
1.6 Programul de studii	

2. Date despre disciplină

2.1.1 Denumirea disciplinei – (în limba română) (în limba engleză)	Specificații de nivel înalt în planificarea roboților mobili <i>High-level specifications for mobile robots planning</i>						
2.1.2. Codul disciplinei	Prof.dr.ing. Marius Kloetzer			2.1.3. Categoria formativă			
2.2 Titularul / titularii activităților de curs							
2.3 Titularul / titularii activităților de aplicații (S, L, P, Pr)							
2.4 Anul de studii	1	2.5 Semestrul	1	2.6 Tipul de evaluare	E	2.7 Opționalitate	DO/DI

3. Timpul total estimat al activităților zilnice (ore pe semestru)

3.1 Număr de ore pe săptămână	2	3.2 curs	2	3.3a sem.	0	3.3b laborator	0	3.3c proiect	0	3.3.d practică	
3.4 Total ore din planul de învățământ	28	3.5 curs	28	3.6a sem.	0	3.6b laborator	0	3.6c proiect	0	3.6.d	0
Distribuția fondului de timp											
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe											30
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren											40
Pregătire seminarii/ laboratoare/ proiecte, teme, referate și portofolii											25
Examinări											4
Alte activități:											8
3.7 Total ore studiu individual											107
3.8 Total ore pe semestru											135
3.9 Numărul de credite											5

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	
4.2 de rezultate ale învățării	

5. Condiții

5.1 de desfășurare a cursului	Tablă, videoproiector, Matlab
5.2 de desfășurare a seminarului /	

6. Obiectivul general al disciplinei

Familiarizarea doctoranzilor cu modalități de planificare a unei echipe de roboți mobili astfel încât să fie îndeplinită o specificație exprimată într-un limbaj formal.
--

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Doctorandul:
	Înțelege metode de abstractizare a unei echipe de roboți mobili sub formă de modele cu evenimente discrete. Exprimă diverse specificațiilor de mișcare globale folosind expresii dintr-un anumit limbaj formal. Transpune planificarea roboților pentru anumite sarcini în probleme de optimizare sau modele de tip sisteme de tranziții sau rețele Petri.
Aptitudini	Doctorandul:
	Modelează capabilitățile de mișcare ale roboților mobili în spațiul de lucru prin sisteme de tranziții sau rețele Petri, respectiv cerințele specificației de nivel înalt în automate Buchi, specifice formalismului LTL (Linear Temporal Logic). Sintetizează diferite metode algoritmice de planificare bazate pe formalismele anterioare și analizează critic avantajele, dezavantajele și problemele nerezolvate. Evaluează comparativ performanțele metodelor propuse în urma cercetărilor proprii și argumentează contribuțiile acestora la stadiul cunoașterii.
Responsabilitate și autonomie	Doctorandul:
	Utilizează conceptele și metode propuse pentru abstractizarea roboților și a specificațiilor de nivel înalt în probleme de planificare a traiectoriilor. Ia decizii privind alegerea modelelor și metodelor formale de planificare a echipei de roboți pornind de la ipoteze specifice problemei. Colaborează în echipe de cercetare interdisciplinare, prezentându-și rezultatele propriilor cercetări.

8. Metode de predare

Expunere interactivă, înțelegerea fundamentelor teoretice, analiză de metode existente, evaluarea soluțiilor studiate, încurajarea participării active.

9. Conținuturi

9.1. Curs		Metode de predare	Timp alocat
1	Elemente introductive și noțiuni preliminare: spațiul de lucru, spațiul de configurație, tipuri de roboți mobili, clase de probleme pentru roboți mobili		2 ore
2	Planificarea clasică a mișcării: - Algoritmi tip insectă - Funcții de potențial și de navigare - Hărți – grafuri de vizibilitate și diagrame Voronoi generalizate - Descompuneri în celule		6 ore

3	Modele de tip sistem cu evenimente discrete și limbaje de nivel înalt: <ul style="list-style-type: none"> - Sisteme de tranziții - Rețele Petri - Tehnici de abstracție - Specificații de nivel înalt 	Expunere, discuții cu studenții	6 ore
4	Planificarea mișcării folosind sisteme de tranziții: <ul style="list-style-type: none"> - Atingerea unui punct țintă evitând obstacolele - Planificarea unui robot pe baza unei formule LTL (Logică Temporală Liniară) - Extensii pentru echipe de roboți identici 		4 ore
5	Planificarea folosind modele de tip rețea Petri: <ul style="list-style-type: none"> - Planificarea unei echipe de roboți pentru specificații Booleene - Metode de planificare pentru specificații LTL - Specificații de planificare transpuse în probleme de optimizare 		6 ore
6	Aspecte privind transpunerea soluțiilor în practică: <ul style="list-style-type: none"> - Metode de control pentru urmărirea traiectoriei - Evitarea coliziunilor pentru echipe de roboți 		4 ore

Bibliografie Curs:

1. H. Choset, K.M. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L.E. Kavraki and S. Thrun, 2005, *Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations*, MIT Press, Boston, USA.
2. S.M. LaValle, 2006, *Planning Algorithms*, Cambridge University Press, USA, ISBN 9780511546877.
3. C. Mahulea, M. Kloetzer, R. Gonzalez, 2020, *Path Planning of Cooperative Mobile Robots Using Discrete Event Models*, Wiley-IEEE Press, ISBN: 978-1-119-48632-9.
4. lucrări științifice din domeniu

9.2a Seminar		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2b Laborator		Metode de lucru	Timp alocat
1			
9.2c Proiect		Metode de lucru	Timp alocat
1			

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală [%]
10.4 Examen / verificare	<ul style="list-style-type: none"> ● Capacitatea de analiză, de înțelegere și de interpretare a aspectelor studiate 	<ul style="list-style-type: none"> ● Examen: prezentare orală a unui aspect din tematica studiată, inclusiv idei de extensie 	100%
10.5 a Seminar	●	●	
10.5 b Laborator	●	●	
10.5 c Proiect	●	●	
10.6 Condiții de promovare: nota minim 5.			

Data completării: 28.09.2025

Titular/ titulari de curs: Prof.dr.ing. Marius Kloetzer

Titular/ titulari de aplicații:

Data avizării în departament: Director Departament Conf.dr.ing. Mihai Postolache

Data aprobării în Consiliul Decan: Prof.univ.dr.ing. Adrian BURLACU