

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
1.2 Facultatea	Automatică și Calculatoare
1.3 Departamentul	Automatică
1.4 Domeniul de studii	Ingineria Sistemelor
1.5 Ciclul de studii	Master
1.6 Programul de studii / Calificarea	Ingineria Conducerii Avansate a Fabricatiei
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Control prin învățare		Codul disciplinei	9.00
2.2 Titularul/Titularii de curs	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu – Lucian.Busoniu@aut.utcluj.ro			
2.3 Titularul/Titularii activităților de seminar/laborator/proiect	Drd.ing. Pirje Stefan			
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	2	2.6 Tipul de evaluare (E – examen, C – colocviu, V – verificare)
				E
2.7 Regimul disciplinei	DF – fundamentală, DID – în domeniu, DS – de specialitate, DC – complementară			
	DOB – obligatorie, DOP – opțională, FAC – facultativă			
				DA
				DI

3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	din care:	3.2 Curs	2	3.3 Seminar	0	3.3 Laborator	1	3.3 Proiect	0
3.4 Număr de ore pe semestru	42	din care:	3.5 Curs	28	3.6 Seminar	0	3.6 Laborator	14	3.6 Proiect	0
3.7 Distribuția fondului de timp (ore pe semestru) pentru:										
(a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe										26
(b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platforme electronice de specialitate și pe teren										9
(c) Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri										9
(d) Tutoriat										1
(e) Examinări										3
(f) Alte activități:										10
3.8 Total ore studiu individual (suma (3.3(a))...3.3(f))				58						
3.9 Total ore pe semestru (3.2+3.4)				100						
3.10 Numărul de credite				4						

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Sisteme dinamice in timp discret, elemente de sisteme neliniare Elemente de baza de algebra liniara si probabilitati Concepte de tehnici de optimizare
4.2 de competențe	Competente analitice, de programare, si experimentale

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1. de desfășurare a cursului	Expunere, intrebari, discutii
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului	Efectuarea lucrărilor de laborator este obligatorie

6. Competențele specifice acumulate

6.1 Competențe profesionale	• Efectuează cercetare științifică • Proiectează sisteme de control • Analizează grupuri masive de date • Utilizează instrumente de inginerie software asistată de calculator • Prezintă rezultatele analizelor • Redactează rapoarte tehnice • Sintetizează informații • Gândește în mod abstract • Aplică principiile eticii și integrității științifice în activitățile de cercetare
-----------------------------	---

6.2 Competențe transversale	• Gândește analitic • Aplică cunoștințe științifice, tehnologice și ingineresti • Lucrează în echipă
-----------------------------	--

7. Rezultatele așteptate ale învățării

Cunoștințe	Studentul va cunoaște • Conceptele teoretice și metodologia specifică ingineriei sistemelor și automatizării • Instrumentele și software-ul utilizate pentru simulare și analiză de date • Metodele de evaluare a performanțelor sistemelor complexe și de optimizare a proceselor industriale • Conceptele interdisciplinare din matematică, procesarea semnalelor și teoria sistemelor automate aplicabile în proiectarea sistemelor de control • Principiile eticii și integrității profesionale, strategiile de inovare deschisă și metodele de diseminare a rezultatelor cercetării
Abilități	Studentul va fi capabil • Să efectueze cercetare științifică și să prezinte rezultatele analizelor într-un mod clar și structurat • Să conceapă planuri tehnice și să proiecteze sisteme de control • Să utilizeze software și instrumente de simulare pentru analiza și optimizarea proceselor • Să creeze soluții inovative, adaptate contextului proiectelor de cercetare și inginerie, inclusiv pentru sisteme complexe de control și automatizare
Responsabilitate și autonomie	Studentul • Va fi capabil să lucreze autonom în analiza, proiectarea și implementarea sistemelor de control, dezvoltând o abordare analitică • Va gestiona proiecte profesionale sau de cercetare • Va fi capabil să lucreze eficient în echipe

8. Obiectivele disciplinei

8.1 Obiectivul general al disciplinei	Alegerea și aplicarea metodelor de control prin învățare data fiind o problema de control optimal neliniară, posibil stohastică și cu model al sistemului necunoscut
8.2 Obiectivele specifice	Studentul va capata următoarele deprinderi: Să diferentieze învățarea supervizată, nesupervizată, și prin recompensă Să transcrie o problema de control optimal în formalismul procesului de decizie Markov Să caracterizeze soluția optimală a unui proces de decizie Markov Să identifice caracteristicile principalelor clase de algoritmi de PD și IR aproximati: iteratia pe valoare, iteratia pe legea de control, planificarea și căutarea directă a legii de control Să aleaga un algoritm de PD și IR și un aproximator pentru o problema dată Să implementeze și să aplice algoritmii de bază de PD și IR în probleme reale de control

8. Conținuturi

9.1 Curs	Nr.ore	Metode de predare	Observații
1 Introducere și motivare. Paradigmele de învățare supervizată, nesupervizată, și prin recompensă. Controlul optimal al sistemelor în timp discret cu orizont infinit și discount	2	- Videoproiector și expunere la tablă, sau online pe platforma Microsoft Teams - Discuții orientate pe tematica aferentă - Chestionare de curs	
2 Procesele de decizie Markov în cazurile determinist și stohastic. Soluția procesului de decizie Markov, funcții de valoare	2		
3 Programarea dinamică: iteratia pe valoare: dezvoltare algoritm, analiza de convergență. iteratia pe legea de control: dezvoltare algoritm	2		
4. Iteratia pe legea de control - analiza de convergență. Comparativ cu iteratia pe valoare. Căutarea directă a legii de control și planificarea	2		
5 Învățarea prin recompensă: introducere și metode Monte Carlo. Dilema explorare-exploatare.	2		

6. Invatarea prin recompensa: metodele diferentelor temporale: invatarea-Q, SARSA.	2		
7. Accelerarea invatarii prin recompensa: Urme de eligibilitate, reluarea experientei	2		
8 Problema de aproximare a unei functii generale. Aproximatoare parametrice liniare cu functii de baza. Elemente de aproximatoare neliniare si neparametrice	2		
9 Programarea dinamica aproximata: Adaptarea aproximatoarelor la functii de valoare. Iteratia pe valoare, analiza de convergenta.	2		
10. Progamarea dinamica aproximata: iteratia pe legea de control cu cele mai mici patrate. Analiza de convergenta si comparatie cu iteratia pe valoare	2		
11 Invatare prin recompensa: metodele diferentelor temporale cu aproximare. Conditii de convergenta.	2		
12 Retele neurale profunde.	2		
13 Invatarea prin recompensa cu retele neurale profunde: fundamente	2		
14 Invatarea prin recompense cu retele neurale profunde	2		
Bibliografie (bibliografia minimală a disciplinei conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei, care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător)			
1.Suportul de curs “Reinforcement learning and dynamic programming for control”. Slide-urile pentru cursuri.			
2. L. Busoniu, R. Babuska, B. De Schutter, D. Ernst, Reinforcement Learning and Dynamic Programming Using Function Approximators, CRC Press, Automation and Control Engineering Series. April 2010.			
3. D. P. Bertsekas. Dynamic Programming and Optimal Control, volume 2. Athena Scientific, 3rd edition, 2007.			
4. R. S. Sutton and A. G. Barto. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 1998.			
9.2 Aplicații (seminar/laborator/proiect)*	Nr.ore	Metode de predare	Observații
1. Procese de decizie Markov. Programarea dinamica	4	- Expunere obiectiv si reamintire metoda - Simulari in Matlab sau Python - Interactiune (offline sau online) cu studentii si verificare solutii - Chestionare de laborator	
2. Invatarea Q	4		
3. Invatare profunda supervizata	3		
4. Invatare profunda prin recompensa	3		
Bibliografie (bibliografia minimală pentru aplicații conținând cel puțin o lucrare bibliografică de referință a disciplinei care există la dispoziția studenților într-un număr de exemplare corespunzător)			
1.Suportul de curs “Reinforcement learning and dynamic programming for control”. Slide-urile pentru cursuri.			
2.L. Busoniu, R. Babuska, B. De Schutter, D. Ernst, Reinforcement Learning and Dynamic Programming Using Function Approximators, CRC Press, Automation and Control Engineering Series. April 2010.			
3.D. P. Bertsekas. Dynamic Programming and Optimal Control, volume 2. Athena Scientific, 3rd edition, 2007.			
4.R. S. Sutton and A. G. Barto. Reinforcement Learning: An Introduction. MIT Press, 1998.			

*Se vor preciza, după caz: tematica seminariilor, lucrările de laborator, tematica și etapele proiectului.

10. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatorilor reprezentativi din domeniul aferent programului

Cursul ofera metode de control pentru sisteme care sunt prea complexe (neliniaritate, comportament stohastic) sau insuficient cunoscute pentru a aplica metode de control clasice. Aceste metode sunt relevante in aplicatii avansate de control in practica, precum si in cercetarea in domeniul automatizarii.

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare (și forma evaluare: continuă/sumativă)	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Rezolvare corectă a problemelor propuse	Examen scris fizic sau pe platforma Microsoft Teams (evaluare sumativă)	50%
11.5 Laborator	Utilizarea Matlab si Python pentru invatare automata	Activitatea, chestionarele, si solutiile (cod, raport) de	50%

		laborator, trimise electronic (evaluare continuă)	
11.6 Standard minim de performanță: laboratoare efectuate; peste nota 5 combinată la examen scris, teste și soluții de laborator			
Data completării: 01.09.2025	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
	Curs	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu	
	Aplicații	Drd.ing. Pirje Stefan	

Data avizării în Consiliul Departamentului de Automatică	Director Departament Automatică Prof.dr.ing. Honoriu VĂLEAN

Data aprobării în Consiliul Facultății de Automatică și Calculatoare	Decan Prof.dr.ing. Vlad MUREȘAN
