

## 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
1.8 Codul disciplinei	9.00

### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	<b>Control prin învățare</b>				
2.2 Titularul/Titularii de curs	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu – <a href="mailto:Lucian.Busoniu@aut.utcluj.ro">Lucian.Busoniu@aut.utcluj.ro</a>				
2.3 Titularul/Titularii activităților de seminar/laborator/proiect	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu – <a href="mailto:Lucian.Busoniu@aut.utcluj.ro">Lucian.Busoniu@aut.utcluj.ro</a>				
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				DA, DI
	DOB – obligatorie, DOP – opțională, FAC – facultativă				DOB

### 3. Timpul total estimat

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	din care:	Curs	2	Seminar	0	Laborator	1	Proiect	0
3.2 Număr de ore pe semestru	42	din care:	Curs	28	Seminar	0	Laborator	14	Proiect	0
3.3 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
3.4 Total ore studiu individual (suma (3.3(a))...3.3(f))	58									
3.5 Total ore pe semestru (3.2+3.4)	100									
3.6 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	C1 Analiza și soluționarea problemelor de modelare și proiectare a sistemelor de control utilizând cunoștințe de matematică avansată și concepte fundamentale din teoria sistemelor automate C1.3 Aplicarea în domeniul conducerii avansate a fabricației, a conceptelor, principiilor și formalismelor din matematică, procesarea semnalelor și teoria sistemelor automate.
-----------------------------	---

6.2 Competențe transversale	CT2 Gestionarea rolurilor, responsabilităților și modului de comunicare într-o echipă, monitorizarea și controlul activităților desfășurate pentru atingerea eficientă a obiectivelor.
-----------------------------	--

## 7. Obiectivele disciplinei

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Alegerea și aplicarea metodelor de control prin învățare dată fiind o problema de control optimal neliniară, posibil stohastică și cu model al sistemului necunoscut
7.2 Obiectivele specifice	<p>Studentul va capata următoarele deprinderi:</p> <p>Să diferențieze învățarea supervizată, nesupervizată, și prin recompensă</p> <p>Să transcrie o problemă de control optimal în formalismul procesului de decizie Markov</p> <p>Să caracterizeze soluția optimă a unui proces de decizie Markov</p> <p>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</p> <p>Să aleagă un algoritm de PD și IR și un aproximator pentru o problemă dată</p> <p>Să implementeze și să aplice algoritmi de bază de PD și IR în probleme reale de control</p>

## 8. Conținuturi

8.1 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	- Videoprojector 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, analiză de convergență. iteratia pe legea de control: dezvoltare algoritm	2		
4 Iteratia pe legea de control - analiză 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. Învățarea prin recompensă: metodele diferentelor temporale: învățarea-Q, SARSA.	2		
7. Accelerarea învățării prin recompensă: Urme de eligibilitate, reluarea experienței	2		
8 Problema de aproximare a unei funcții generale. Aproximatoare parametrice liniare cu funcții de bază. Elemente de aproximatoare neliniare și neparametrice	2		
9 Programarea dinamică aproximată: Adaptarea aproximatoarelor la funcții de valoare. Iteratia pe valoare, analiză de convergență.	2		
10. Programarea dinamică aproximată: iteratia pe legea de control cu cele mai mici pătrate. Analiză de convergență și comparativ cu iteratia pe valoare	2		
11 Învățare prin recompensă: metodele diferentelor temporale cu aproximare. Condiții de convergență.	2		
12 Rețele neuronale profunde.	2		
13 Învățarea prin recompensă cu rețele neuronale profunde: fundamente	2		
14 Învățarea prin recompensă cu rețele neuronale profunde	2		
Bibliografie ( <i>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</i> )			

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.		
<b>8.2 Aplicații (seminar/laborator/proiect)*</b>			
1. Procese de decizie Markov. Programarea dinamica	Nr.ore: 4	Metode de predare: - Expunere obiectiv si reamintire metoda - Simulari in Matlab sau Python - Interactiune (offline sau online) cu studentii si verificare solutii - Chestionare de laborator	Observații
2. Invatarea Q	Nr.ore: 4		
3. Invatare profunda supervizata	Nr.ore: 3		
4. Invatare profunda prin recompensa	Nr.ore: 3		
Bibliografie ( <i>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</i> )			
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.

### 9. 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.

### 10. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Rezolvare corectă a problemelor propuse	Examen scris fizic sau pe platforma Microsoft Teams	50%
Laborator	Utilizarea Matlab si Python pentru invatare automata	Activitatea, chestionarele, si solutiile (cod, raport) de laborator, trimise electronic	50%

Standard minim de performanță: laboratoare efectuate; peste nota 5 combinată la examen scris, teste și soluții de laborator

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
1 iulie 2022	Curs	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu	
	Aplicații	Prof. dr. ing. Lucian Busoniu	

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. Liviu MICLEA