

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

Facultatea	de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	de Electrotehnică
Domeniul de studii	Ingineria autovehiculelor
Ciclul de studii	Licență, învățământ cu frecvență
Programul de studii	Echipamente și sisteme de comandă și control pentru autovehicule

2. Date despre disciplină

Denumirea disciplinei	Sisteme autonome de conducere în autovehicule				
Titularul activităților de curs	Șef lucrari dr.ing DORU BALAN				
Titularul activităților aplicative	Șef lucrari dr.ing DORU BALAN				
Anul de studiu	IV	Semestrul	8	Tipul de evaluare	Examen
Regimul disciplinei	Categorica formativă a disciplinei DF - fundamentală, DS - de specializare, DC – complementară				DS
	Categorica de opționalitate a disciplinei: DOB – obligatorie(DI), DOP – opțională(DO), DFA - facultativă				DOP

2. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)

I a) Număr de ore pe săptămână	3	Curs	2	Seminar	Laborator/ Lucrări practice	1	Proiect	
I b) Totalul de ore pe semestru din planul de învățământ	42	Curs	28	Seminar	Laborator/ Lucrări practice	14	Proiect	

Distribuția fondului de timp pe semestru	ore
II.a) Studiu individual	30
II.b) Tutoriat (pentru ID)	
III. Examinări	3
IV. Alte activități (precizați):	

Total ore studiu individual (II.a+II.b+III)	33
Total ore pe semestru (I.b+II.a+II.b+III+IV)	75
Numărul de credite	3

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

Curriculum	<ul style="list-style-type: none"> Cunoștințe fundamentale de programare a calculatoarelor, matematică aplicată și calcul numeric, senzori și transductoare, sisteme de comandă și control, dinamica autovehiculelor, procesarea semnalelor și imaginilor, precum și noțiuni privind sistemele electronice și rețelele de comunicații ale autovehiculelor.
Competențe	<ul style="list-style-type: none"> Capacitatea de utilizare a limbajelor și mediilor de programare, de interpretare a datelor furnizate de senzori, de aplicare a algoritmilor elementari de calcul numeric și control automat, de analiză a comportamentului dinamic al autovehiculelor și de utilizare a instrumentelor software pentru modelarea, simularea și evaluarea sistemelor tehnice.

5. Condiții (acolo unde este cazul)

Desfășurare a cursului	<ul style="list-style-type: none"> Sală de curs dotată cu calculator, videoproiector, conexiune la internet și suporturi didactice electronice, necesare prezentării arhitecturilor sistemelor de conducere autonomă, algoritmilor de percepție, localizare, planificare și control, precum și analizării studiilor de caz privind siguranța și validarea sistemelor autonome.
Desfășurare aplicații	Laborator <ul style="list-style-type: none"> Laborator dotat cu calculatoare cu resurse hardware adecvate simulării, medii software și biblioteci pentru programare, procesarea imaginilor, modelare și simulare (Python, OpenCV, CARLA, ROS2, MATLAB/Simulink sau

		echivalente), precum și seturi de date, scenarii de trafic și modele de autovehicule necesare dezvoltării și testării algoritmilor de conducere autonomă. Respectarea normelor de securitate și sănătate în muncă și a instrucțiunilor specifice utilizării infrastructurii informatice.
--	--	--

6. Competențe specifice acumulate

Competențe transversale	
Competențe profesionale	CP.12 Testează componente optice CP.13 Modelează și simulează sisteme optice CP.15 Se menține la curent cu tendințele în materie de vehicule CP.17 Realizează analize de date CP.18 Proiectează componente de automatizare CP.23 Testează senzori

7. Rezultatele învățării

Cunoștințe	Aptitudini	Responsabilitate și autonomie
<p>La finalizarea disciplinei, studentul:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cunoaște și explică principiile fundamentale ale conducerii autonome, nivelurile de automatizare SAE J3016 și principalele provocări tehnice și de siguranță asociate autovehiculelor autonome. 2. Descrie arhitectura sistemelor de conducere autonomă și rolul subsistemelor de percepție, localizare, planificare, luare a deciziilor și control, precum și principiile integrării acestora prin intermediul ROS2. 3. Cunoaște principiile de funcționare, caracteristicile și limitările senzorilor utilizați pentru percepția mediului rutier, inclusiv camere video, LiDAR, RADAR și senzori ultrasonici. 4. Explică principiile fuziunii datelor senzoriale, ale filtrelor Kalman și Kalman extins și rolul metodelor bazate pe rețele neuronale în integrarea informațiilor provenite de la senzori. 5. Descrie metodele de localizare și estimare a poziției autovehiculului, utilizând GNSS/IMU, hărți de înaltă definiție și tehnici SLAM. 6. Cunoaște și explică principiile algoritmilor de detecție și clasificare a obiectelor, precum și metodele de evaluare a performanței acestora. 7. Descrie metodele de predicție a comportamentului participanților la trafic și principiile algoritmilor de planificare globală și locală a traseelor și traiectoriilor. 8. Explică principiile de funcționare ale algoritmilor de control longitudinal și lateral, inclusiv PID, MPC, LQR și Stanley Controller, utilizați pentru urmărirea traiectoriei și controlul mișcării autovehiculului. 9. Cunoaște principiile de siguranță funcțională și siguranță a funcționalității prevăzute de ISO 26262 și ISO 21448, precum și elementele fundamentale privind analiza hazardurilor, clasificarea 	<p>La finalizarea disciplinei, studentul:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizează medii software de simulare și dezvoltare, precum CARLA, ROS2 și Python, pentru configurarea și testarea unor funcții elementare de conducere autonomă. 2. Aplică metode de procesare a imaginilor pentru identificarea benzilor de circulație și analiza informațiilor vizuale provenite de la camerele vehiculului. 3. Prelucreează și corelează date provenite de la senzori diferiți, utilizând metode de fuziune LiDAR-cameră pentru identificarea obstacolelor din mediul rutier simulat. 4. Aplică algoritmi de planificare a traseelor și traiectoriilor, precum A* și RRT, pentru determinarea unor soluții de deplasare în medii rutiere reprezentate prin hărți ocupaționale. 5. Implementează și testează, în medii de simulare, algoritmi elementari de control longitudinal și lateral, precum regulatorul PID și Stanley Controller. 6. Analizează comportamentul unui agent autonom într-un scenariu de trafic simulat, identificând interacțiunile dintre percepție, planificare și control. 7. Evaluează performanțele algoritmilor utilizați în conducerea autonomă prin interpretarea rezultatelor simulărilor și identificarea limitărilor funcționale. 8. Aplică elementele metodologiei de analiză a hazardurilor și evaluare a riscurilor (HARA) pentru un 	<p>La finalizarea disciplinei, studentul:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Selectează și justifică metodele și algoritmii utilizați pentru percepție, planificare și control, în funcție de caracteristicile și cerințele scenariilor de conducere autonomă analizate. 2. Abordează autonom probleme aplicative de modelare, simulare și evaluare a funcțiilor de conducere autonomă, utilizând instrumente software și metode ingineresti adecvate. 3. Interpretează critic rezultatele simulărilor, identificând limitările algoritmilor, incertitudinile datelor senzoriale și influența acestora asupra comportamentului autovehiculului. 4. Manifestă responsabilitate în identificarea și evaluarea situațiilor de risc asociate funcționării sistemelor autonome, ținând seama de cerințele de siguranță funcțională. 5. Colaborează eficient în realizarea aplicațiilor practice și a scenariilor integrate de simulare, asumându-și responsabilitatea pentru corectitudinea soluțiilor implementate și a rezultatelor obținute. 6. Formulează și argumentează concluzii tehnice privind performanțele, limitările și siguranța funcțiilor de conducere autonomă analizate.

ASIL, testarea și validarea sistemelor autonome. 10. Descrie principalele cerințe de securitate cibernetică aplicabile vehiculelor conectate și autonome, inclusiv cadrul de reglementare UN ECE R155/R156.	scenariu de conducere automatizată, utilizând criteriile de severitate, expunere și controlabilitate în vederea determinării clasificării ASIL.	7. Manifestă inițiativă în identificarea și evaluarea unor soluții tehnologice pentru îmbunătățirea performanțelor și siguranței sistemelor de conducere autonomă.
--	---	--

8. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

Obiectivul general al disciplinei	Formarea competențelor ingineresti fundamentale necesare înțelegerii, analizei și proiectării sistemelor de conducere autonomă, prin integrarea cunoștințelor din domeniile percepției mediului, localizării, planificării traiectoriei și controlului vehiculului într-o abordare sistemică și interdisciplinară, în conformitate cu standardele actuale de siguranță funcțională (ISO 26262, SOTIF) și cu nivelurile de automatizare definite de SAE J3016, pregătind studenții pentru activitatea de cercetare, proiectare și validare în industria autovehiculelor inteligente și autonome.
-----------------------------------	---

9. Conținutul predării și învățării

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Introducere în conducerea autonomă. Istoria, contextul și clasificarea SAE J3016 (nivelurile 0–5). Beneficii și provocări.	2	Prelegere, discuții	
2. Arhitectura unui sistem autonom: subsisteme de percepție, localizare, planificare și control. Middleware ROS2.	2	Prelegere, prezentare	
3. Senzori pentru percepția mediului: cameră monoculară și stereo, LiDAR, RADAR, ultrasonice. Principii de funcționare și parametri de performanță.	2	Prelegere, demo	
4. Fuziunea datelor senzoriale. Filtre Kalman și Kalman extins. Rețele neuronale pentru fuziune tardivă și timpurie.	2	Prelegere	
5. Localizarea vehiculului: HD Maps, GNSS/IMU, Simultaneous Localization And Mapping (SLAM).	2	Prelegere, studiu de caz	
6. Detecția și clasificarea obiectelor: algoritmi clasici vs. deep learning (YOLO, PointPillars). Evaluare cu mAP.	2	Prelegere, demo	
7. Predicția comportamentului participanților la trafic. Modele cinematice și bazate pe rețele recurente.	2	Prelegere	
8. Planificarea rutei globale: grafuri, Dijkstra, A*. HD Maps și hărți semantice.	2	Prelegere	
9. Planificarea traiectoriei locale: RRT, RRT*, Lattice Planner, Potential Fields.	2	Prelegere	
10. Luarea deciziilor și managementul scenariilor de trafic: intersecții, depășiri, schimbări de bandă.	2	Prelegere, studiu de caz	
11. Control longitudinal: ACC, Stop-&-Go, algoritmi PID și MPC pentru viteza vehiculului.	2	Prelegere	
12. Control lateral: LQR, Stanley Controller, MPC pentru urmărirea traiectoriei.	2	Prelegere	
13. Siguranță funcțională (ISO 26262) și SOTIF (ISO 21448). ASIL, analiza hazardurilor, testare și validare.	2	Prelegere, discuții	
14. Cybersecurity pentru vehicule conectate și autonome (UN ECE R155/R156). Tendințe și perspective de viitor.	2	Prelegere, dezbateri	
Bibliografie minimală recomandată			
1. E. Yurtsever, J. Lambert, A. Carballo și K. Takeda, „A survey of autonomous driving: Common practices and emerging technologies,” <i>IEEE Access</i> , vol. 8, pp. 58443–58469, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2983149. 2. Y. Huang, Y. Chen și Z. Yang, „Autonomous driving with deep learning: A survey of state-of-art technologies,” <i>arXiv</i> , preprint arXiv:2006.06710v3, 2023. [Online]. Disponibil: https://arxiv.org/abs/2006.06710 3. X. Wang, K. Li și A. Chehri, „Multi-sensor fusion technology for 3D object detection in autonomous driving: A review,” <i>IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.</i> , vol. 25, nr. 2, pp. 1148–1165, feb. 2024, doi: 10.1109/TITS.2023.3317372. 4. X. Zhu et al., „Deep learning for autonomous driving systems: Technological innovations, strategic implementations, and business implications — A comprehensive review,” <i>Complex Engineering Systems</i> , publicat 18 feb. 2025, doi: 10.20517/ces.2024.83. 5. L. Dal'Col, M. Oliveira și V. Santoso, „Joint perception and prediction for autonomous driving: A survey,” <i>IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.</i> , preprint arXiv:2412.14088, dec. 2024. [Online]. Disponibil: https://arxiv.org/abs/2412.14088 6. W. Shi și Y. He, <i>Introduction to Autonomous Driving</i> . Cham, Elveția: Springer, oct. 2025, ISBN: 978-3-031-99484-5, doi: 10.1007/978-3-031-99485-2.			

Aplicații (seminar / laborator / lucrări practice / proiect)	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Introducere în simulatorul CARLA și ROS2. Instalare, configurare, scrierea unui agent simplu.	2	exercițiul conversația	Instrumente: CARLA, Python

2. Percepție vizuală: detecția benzilor de circulație cu OpenCV și rețele CNN.	2	demonstrația dezbaterii problematizării, lucrări practice	Instrumente: Python, OpenCV
3. Fuziune LiDAR-cameră: proiecția norului de puncte și detecția obstacolelor 3D.	2		Instrumente: CARLA, Python
4. Planificarea traiectoriei: implementarea algoritmilor A* și RRT pe o hartă ocupațională.	2		Instrumente: Python, NumPy
5. Control lateral și longitudinal: implementarea unui regulator PID și Stanley Controller.	2		Instrumente: MATLAB/Simulink
6. Proiect integrat: proiectarea și testarea unui agent autonom complet pe un scenariu de intersecție în CARLA. Prezentare referat.	2		Instrumente: CARLA, ROS2
7. Evaluarea siguranței funcționale: analiza unui scenariu de schimbare automată a benzii, identificarea hazardurilor ASIL.	2		Instrumente: Metodologie ISO 26262
Bibliografie minimală recomandată			
<div>1. S. Macenski, T. Foote, B. Gerkey, C. Lalancette și W. Woodall, „Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild,” <i>Science Robotics</i>, vol. 7, nr. 66, art. eabm6074, mai 2022, doi: 10.1126/scirobotics.abm6074.</div> <div>2. A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. López și V. Koltun, „CARLA: An open urban driving simulator," în <i>Proc. 1st Annu. Conf. Robot Learning (CoRL)</i>, Mountain View, CA, SUA, 2017, pp. 1–16. [Online]. Disponibil: https://arxiv.org/abs/1711.03938</div> <div>3. D. Yordanov, A. Chakraborty, M. M. Hasan și S. Cirstea, „A framework for optimizing deep learning-based lane detection and steering for autonomous driving," <i>Sensors</i>, vol. 24, nr. 24, art. 8099, dec. 2024, doi: 10.3390/s24248099.</div> <div>4. M. Valverde, A. Moutinho și J. V. Zacchi, „A survey of deep learning-based 3D object detection methods for autonomous driving across different sensor modalities," <i>Sensors</i>, vol. 25, nr. 17, art. 5264, aug. 2025, doi: 10.3390/s25175264.</div> <div>5. J. Hu et al., „A survey of decision-making and planning methods for self-driving vehicles," <i>Frontiers in Neurorobotics</i>, vol. 19, art. 1451923, feb. 2025, doi: 10.3389/fnbot.2025.1451923.</div> <div>6. X. Zhang, J. Li, Z. Li, H. Liu, M. Zhou, L. Wang și Z. Zou, <i>Multi-Sensor Fusion for Autonomous Driving</i>. Singapore: Springer Nature, 2023. ISBN: 978-981-99-3279-5, doi: 10.1007/978-981-99-3280-1.</div>			

10. Evaluare

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere
Curs – evaluare finală	Cunoașterea și înțelegerea arhitecturii sistemelor de conducere autonomă și a nivelurilor SAE de automatizare; explicarea principiilor de funcționare a senzorilor și a metodelor de fuziune a datelor; înțelegerea algoritmilor de percepție, localizare, predicție și planificare a traiectoriei; cunoașterea principiilor controlului longitudinal și lateral; identificarea cerințelor de siguranță funcțională și SOTIF; capacitatea de analiză, interpretare și argumentare a soluțiilor tehnice pentru situații de conducere autonomă.	Examen scris cu întrebări teoretico-aplicative și probleme de analiză a unor scenarii de conducere autonomă, completat, după caz, de verificare orală.	50%
Laborator – evaluare continuă	Utilizarea corectă a mediilor software și a instrumentelor de simulare; implementarea și testarea unor algoritmi de percepție, fuziune a datelor, planificare și control; analiza comportamentului autovehiculului în scenarii simulate; interpretarea rezultatelor și identificarea limitărilor soluțiilor implementate; documentarea și argumentarea rezultatelor obținute.	Evaluare continuă prin verificarea individuală a aplicațiilor practice, a codului și rezultatelor simulărilor, întrebări orale și analiza fișelor de laborator.	30%
Laborator – evaluare sumativă	Capacitatea de integrare a funcțiilor de percepție, planificare și control într-un scenariu de conducere autonomă; testarea funcționalității agentului autonom în mediul de simulare; interpretarea comportamentului și a rezultatelor; identificarea limitărilor și formularea concluziilor tehnice.	Evaluarea aplicației integrate realizate în CARLA, prin demonstrație practică și prezentarea unui referat tehnic privind soluția implementată și rezultatele simulării.	20%
Total			100%

Standarde minime de performanță pentru promovare

Componenta evaluării	Standard minim pentru nota 5
Curs – evaluare finală	Studentul identifică nivelurile de automatizare SAE și principalele componente ale unui sistem de conducere autonomă; explică rolul senzorilor și principiile elementare ale percepției și localizării; descrie funcțiile algoritmilor de planificare a traseului și traiectoriei; explică principiile de bază ale controlului longitudinal și lateral; identifică noțiuni fundamentale privind siguranța funcțională și

	SOTIF; analizează o situație simplificată de conducere autonomă și formulează concluzii tehnice coerente.
Laborator – evaluare continuă	Studentul utilizează, sub îndrumare, mediile software de simulare și programare; execută și modifică aplicații simple pentru detecția benzilor de circulație, identificarea obstacolelor, planificarea unei traiectorii sau controlul autovehiculului; interpretează rezultatele simulărilor și identifică principalele erori sau limitări ale algoritmilor utilizați.
Laborator – evaluare sumativă	Studentul configurează și testează, pe baza unui model sau a unui cod inițial furnizat, un agent autonom simplificat într-un scenariu de trafic simulat; demonstrează funcționarea principalelor componente ale aplicației, interpretează rezultatele și prezintă concluzii tehnice elementare privind comportamentul și limitările soluției analizate.

Fișa disciplinei include, dacă este cazul, elemente adaptate persoanelor cu dizabilități, în funcție de tipul și gradul acestora.

Data completării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de curs	Grad didactic, nume, prenume, semnătura titularului de aplicație
22.09.2025	Șef lucrări dr.ing DORU BALAN	Șef lucrări dr.ing DORU BALAN

Data avizării	Grad didactic, nume, prenume, semnătura responsabilului de program
22.09.2025	șef lucrări dr. ing. Elena-Daniela LUPU

Data avizării în departament	Grad didactic, nume, prenume, semnătura directorului de departament
23.09.2025	conf. univ. dr. ing. Daniela IRIMIA

Data aprobării în consiliul facultății	Grad didactic, nume, prenume, semnătura decanului
24.09.2025	Prof. dr. ing. Laurentiu- Dan MILICI