



FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
1.2 Facultatea	Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Tehnologii Multimedia în Aplicații de Biometrie și Securitatea Informației

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Inteligență artificială pentru sisteme integrate					
(en)		Artificial Intelligence for Embedded Systems					
2.2 Titularul activităților de curs		Ș.L. dr. ing. Georgian NICOLAE					
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator		Ș.L. dr. ing. Georgian NICOLAE					
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	I	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei	DS	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M3.O.20-04	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	1.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					29
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activități (dacă există):					0
3.7 Total ore studiu individual	33.00				
3.8 Total ore pe semestru	75				
3.9 Numărul de credite	3				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcursarea următoarelor discipline: <ul style="list-style-type: none">– Programarea calculatoarelor– Prelucrarea digitală a semnalelor– Inteligență artificială I: sisteme clasice de învățare automată– Inteligență artificială II: rețele neurale profunde
-------------------	--



4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe generale: – concepte avansate de programare folosind biblioteci specifice; – tehnici avansate de prelucrare a semnalelor; – algoritmi de învățare automată; – concepte legate de arhitecturi de rețele neurale profunde.
--------------------------------	---

5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	– Cursul se va desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Laboratorul și proiectul se vor desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector, computer, software specific (Python, Arduino Studio) și echipamente hardware specializate (platforme NVIDIA Jetson Nano). – Prezența obligatorie la laboratoare (conform regulamentului studiilor universitare de masterat în UNSTPB).

6. Obiectiv general *(Se referă la intențiile profesorilor pentru studenți, la ceea ce studenții vor fi învățați în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului științific abordat, precum și la rolul pe care acesta îl are în cadrul specializării studiate. Vor fi descrise de o manieră generală tematicile abordate, justificarea includerii cursului în planul de învățământ al specializării studiate etc.)*

Disciplina oferă o perspectivă teoretică și practică asupra dezvoltării și implementării modelelor de inteligență artificială pentru sisteme cu resurse limitate (putere de calcul redusă, rezoluție redusă a datelor) și funcționare în timp real.

– Prima parte a cursului va prezenta principalele provocări și limitări întâlnite în contextul sistemelor cu resurse limitate, alături de tehnici pentru adaptarea și optimizarea rețelelor neurale (cuantizarea ponderilor, reducerea complexității modelelor, optimizare computațională) pentru funcționarea în timp real în cadrul sistemelor integrate. A doua parte a cursului prezintă principii și metodologii de dezvoltare pentru modele de inteligență artificială pentru aplicații multimedia specifice, în contextul sistemelor cu resurse limitate: utilizarea datelor multimodale, sisteme robotice, elemente de siguranță funcțională.

– Laboratorul va debuta cu introducerea mediului de lucru și a kit-ului de dezvoltare NVIDIA Jetson Nano, precum și configurarea acestora. Următoarele lucrări vor acoperi utilizarea tehnicilor de adaptare și optimizare a rețelelor neurale pentru funcționarea acestora în timp real într-un sistem integrat.

– Proiectul se va desfășura pe echipe sau individual și va consta în dezvoltarea, antrenarea și validarea unui model de inteligență artificială bazat pe rețele neurale pentru o aplicație multimedia, urmată de adaptarea și implementarea acestuia pentru un sistem cu resurse limitate (NVIDIA Jetson Nano).

7. Competențe *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoștințe, aptitudini și abilități personale, sociale și/sau metodologice în situații de muncă sau de studiu și pentru dezvoltarea profesională și personală. Reflectă cerințele angajatorilor.)*



Specifice	<ul style="list-style-type: none">– Demonstrează că deține cunoștințe de bază privind conceptele teoretice și modelele și tehnicile avansate de inteligență artificială și învățare automată folosind rețele neurale profunde cu arhitecturi ce se pretează a fi folosite în sisteme cu resurse limitate.– Aplică în practică cunoștințele teoretice dobândite și utilizează medii de simulare pentru analiza și prelucrarea diverselor tipuri de date și de semnale (în special semnale audio și vocal).– Aplică metode, tehnici și metodologii standardizate, specifice domeniului inteligenței artificiale și învățării automate folosind rețele neurale, pentru a putea rula inferența modelelor pe sisteme integrate cu resurse limitate.– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului inteligenței artificiale și învățării automate pentru sisteme cu resurse limitate, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.– Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului studiat, în vederea comunicării eficiente și corecte.– Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză): demonstrează înțelegerea și aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului studiat, într-o limbă străină.
Transversale (generale)	<ul style="list-style-type: none">– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicații, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă de complexitate medie.– Autonomie și gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, de a identifica soluții, precum și de a desprinde și prezenta concluzii.– Capacitate de analiză și sinteză: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.– Respectă principiile de etică academică: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.– Pune în practică elemente de inteligență emoțională în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața academică, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.

8. Rezultatele învățării (Sunt enunțuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învățării reflectă realizările studentului și mai puțin intențiile profesorului. Rezultatele învățării informează studenții despre ceea ce se așteaptă de la ei din punct de vedere al performanței, pentru a obține notele și creditele dorite. Sunt definite în termeni concreți, folosind verbe similare exemplurilor de mai jos și indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învățării vor fi astfel redactate încât să fie evidențiată clar relația față de competențele definite la punctul 7.)



Cunoștințe	<p><i>Rezultatul asimilării de informații prin învățare. Cunoștințele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii și practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice și/sau faptice.</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Definește corect noțiunile avansate ale domeniului inteligenței artificiale și rețelelor neurale ce se folosesc în cadrul sistemelor cu resurse limitate, spre exemplu MobileNet, SqueezeNet etc.– Descrie în mod corespunzător conceptele și aspectele particulare legate de strategii de învățare pentru sisteme integrate precum și avantajele și limitările individuale ale acestora.– Evidențiază metodologiile și tehnicile de antrenare și de testare pentru modelele de învățare automată bazate pe rețele neurale în contextul sistemelor integrate.– Înțelege principiile de împărțire a seturilor de date și de evaluare a capacității de generalizare a modelelor de învățare automată, mai ales în cazul în care datele sunt puține, nebalansate.– Definește și utilizează elementele avansate legate de analiza și prelucrarea semnalelor audio și vocal (reprezentări în domeniile timp și frecvență).– Este capabil să utilizeze corect diferitele mecanisme de învățare automată adaptate la problema propusă.
Aptitudini	<p><i>Capacitatea de a aplica cunoștințe și de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini și a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive și creative) sau practice (implicând dexteritate manuală și utilizarea de metode, materiale, unelte și instrumente).</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Selectează și grupează informații relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice ale domeniului inteligenței artificiale și învățării automate.– Utilizează argumentat conceptele specifice domeniului inteligenței artificiale și învățării automate în contextul utilizării lor de către sisteme cu resurse limitate, în vederea abordării corecte a unor probleme.– Verifică experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicații legate de prelucrarea datelor și a semnalelor.– Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate.– Argumentează modul de rezolvare și soluțiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.
Responsabilitate și autonomie	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.– Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.– Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.– Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice.– Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învățare și a problemelor de rezolvat.– Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile care să rezolve probleme din viața socială și economică.– Analizează oportunități de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoștințele dobândite în domeniul inteligenței artificiale.– Demonstrează abilități de management ale situațiilor din viața reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învățare).

9. Metode de predare (Se vor avea în vedere metode care să asigure predarea centrată pe student. Se va descrie modul în care se asigură participarea studenților la stabilirea propriului parcurs de învățare, cum se identifică eventualele rămăneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)



– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenților. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea și expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât și interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri și feedback-ul studenților, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilitățile de asimilare și învățare a studenților (prin repetarea suplimentară a anumitor noțiuni și concepte, dacă acest lucru se dovedește necesar).

Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie cât mai ușor de înțeles și asimilat. Se lucrează împreună cu studenții un număr de exerciții sau probleme.

Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății.

– Predarea cunoștințelor în cadrul orelor de aplicații se bazează pe comunicarea orală și explicarea detaliată a metodelor utilizate și a rezultatelor obținute, într-o manieră permanent interactivă. Studenții implementează și evaluează diverse probleme specifice, prin utilizarea calculatorului, a mediului software și a echipamentelor hardware. Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Materialele de laborator și proiect sunt disponibile studenților sub formă electronică pe platforma Moodle a facultății.

10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	“Introducere în dezvoltarea sistemelor cu inteligență artificială pentru sistemele cu resurse limitate” – Obiective, domenii de aplicații. Probleme și provocări	2
2	“Metode de comprimare a rețelelor neurale” – Cuantizarea ponderilor folosind o rezoluție redusă. Reducerea complexității rețelelor neurale (pruning)	2
3	“Tehnici de optimizare computațională pentru sisteme cu resurse limitate” – Calcul secvențial. Antrenare vs. inferență. Funcționare în timp real. Avantaje și limitări. Exemple	4
4	“Abordarea multimodală în sisteme cu resurse limitate” – Senzori / surse pentru achiziția datelor, agregarea tipurilor de date. Exemple	2
5	“Inteligență artificială pentru sisteme robotice” – Concepte teoretice. Modelare matematică. Avantaje și limitări. Aplicații și exemple	2
6	“Elemente de siguranță funcțională pentru sisteme cu inteligență artificială” – Concepte teoretice. Principii de funcționare. Modelare matematică. Avantaje și limitări. Exemple	2
	Total:	14



Bibliografie:

1. G. Nicolae, *Inteligență artificială pentru sisteme integrate*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. M.M.H. Shuvo, S.K. Islam, J. Cheng, B.I. Morshed, “Efficient Acceleration of Deep Learning Inference on Resource-Constrained Edge Devices: A Review”, *Proceedings of the IEEE*, 111(1), pp. 42-91, Jan. 2022.
3. L. Deng, G. Li, S. Han, L. Shi, Y. Xie, “Algorithm Compression and Hardware Acceleration for Neural Networks: A Comprehensive Survey”, *Proceedings of the IEEE*, 108(4), pp. 485-532, 2020.
4. E. Blasch, T. Pham, C.Y. Chong et. al., “Machine Learning/Artificial Intelligence for Sensor Data Fusion—Opportunities and Challenges”, *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 36(7), pp. 80-93, July 2021.
5. M. Soori, B. Arezoo, R. Dastres, “Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning in Advanced Robotics, A review”, *Cognitive Robotics*, Elsevier, 3, pp. 54-70, 2023.
6. Z. Pan, P. Mishra, “A Survey on Hardware Vulnerability Analysis Using Machine Learning”, *IEEE Access*, 10, pp. 49508-49527, May 2022.

LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Protecția muncii. Introducerea mediului de lucru și a kit-ului de dezvoltare NVIDIA Jetson Nano	2
2	Configurarea mediului de lucru pentru aplicații fundamentale	2
3	Adaptarea rețelelor neurale pentru sisteme integrate cu resurse limitate	4
4	Optimizarea rețelelor neurale pentru funcționare în timp real	2
5	Configurarea mediului de lucru pentru aplicații complexe	2
6	Colocviu final	2
	Total:	14

PROIECT

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Dezvoltarea, antrenarea și validarea unui model de inteligență artificială bazat pe rețele neurale pentru o aplicație multimedia, urmată de adaptarea și implementarea acestuia pentru un sistem cu resurse limitate (NVIDIA Jetson Nano)	12
2	Predarea și susținerea raportului de proiect	2
	Total:	14



Bibliografie:

1. G. Nicolae, *Inteligență artificială pentru sisteme integrate – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. G. Nicolae, *Inteligență artificială pentru sisteme integrate – Îndrumar de proiect*, disponibil în format electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
3. ***, *scikit-learn – Machine Learning in Python*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://scikit-learn.org/stable/>
4. ***, *NumPy*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://numpy.org/doc/>
5. ***, *pandas documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://pandas.pydata.org/docs/>
6. ***, *Tensorflow documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://www.tensorflow.org/>

11. Evaluare

Tip activitate	11.1 Criterii de evaluare	11.2 Metode de evaluare	11.3 Pondere din nota finală
11.4 Curs	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de inteligență artificială și rețele neurale în contextul sistemelor cu resurse limitate. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	40%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înțelegerea modelelor și tehnicilor fundamentale de inteligență artificială și învățare automată bazată pe rețele neurale. Cunoașterea modului de simulare și de implementare practică (pe sistemul NVIDIA Jetson NANO) a metodelor și tehnicilor studiate.	Colocviu final de laborator (test pe calculator).	30%
	Dezvoltarea unui model de inteligență artificială bazat pe rețele neurale pentru o aplicație multimedia, urmată de adaptarea și implementarea acestuia pe un sistem cu resurse limitate; evaluarea și testarea cu succes a aplicației realizate.	Prezentarea orală a proiectului în ultima ședință alocată acestei activități.	30%
11.6 Condiții de promovare			
– Obținerea a 50% din punctajul total. – Realizarea obligațiilor caracteristice activității de laborator (participarea la lucrările planificate).			

12. Coroborarea conținutului disciplinei cu așteptările reprezentanților angajatorilor și asociațiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum și cu stadiul actual al cunoașterii în domeniul științific abordat și practicile în instituții de învățământ superior din Spațiul European al Învățământului Superior (SEIS)



Disciplina “Inteligență artificială pentru sisteme integrate” reprezintă o componentă importantă în formarea specialiștilor într-o eră în care aplicațiile electronicii în timp real devin esențiale. Se oferă studenților cunoștințe aprofundate despre tehnologiile emergente din domeniul inteligenței artificiale, cu un accent deosebit pe implementarea acestora în sisteme integrate. Într-o lume în continuă evoluție, unde eficiența și performanța în timp real sunt imperative, această disciplină constituie un instrument deosebit de util pentru profesioniștii care doresc să dezvolte aplicații avansate și fiabile în domeniul inteligenței artificiale și învățării automate.

Un aspect crucial al cursului este înțelegerea modului în care rețelele neurale profunde, parte integrantă a inteligenței artificiale, pot fi utilizate în sisteme integrate pentru a executa sarcini complexe în timp real. Fie că vorbim despre viziunea artificială în autovehicule autonome sau despre prelucrarea limbajului natural în realizarea asistenților virtuali, capacitatea de a implementa soluții inteligente în timp real devine un avantaj esențial în diverse industrii. Prin urmare, acest curs oferă studenților instrumentele necesare pentru a aborda provocările specifice ale proiectelor cu cerințe stricte de timp și resurse de memorie și pentru a contribui la dezvoltarea tehnologiilor care definesc viitorul.

Pe lângă aspectele tehnice, disciplina subliniază și importanța gândirii critice și a soluțiilor inovatoare în dezvoltarea sistemelor integrate cu inteligență artificială. Studenții sunt încurajați să exploreze scenarii de aplicare reală și să abordeze provocările practice, asigurând astfel că teoria este transpusă în soluții tangibile și eficiente în mediul real, acolo unde rapiditatea și precizia sunt esențiale. Astfel, disciplina pregătește specialiștii în domeniu să devină lideri în dezvoltarea și implementarea tehnologiilor care aduc un aport semnificativ în lumea tehnologică în continuă expansiune.

Se asigură astfel absolvenților competențe adecvate cu necesitățile calificărilor actuale și o pregătire științifică și tehnică modernă, de calitate și competitivă, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților. Posibili angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic și de cercetare), cât și mediul de cercetare-dezvoltare din instituțiile de stat și private care utilizează (sau intenționează să folosească) sisteme bazate pe inteligență artificială și învățare automată avansată.

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

Ș.L. dr. ing. Georgian NICOLAE Ș.L. dr. ing. Georgian NICOLAE

Data avizării în departament

Director de departament

31.10.2024

Prof. Dr. Claudiu DAN

Data aprobării în Consiliul Facultății Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și
Tehnologia Informației



[Handwritten signature]