Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

FIŞA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituţia de învăţământ superior	**Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti**
1.2 Facultatea	**Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologia Informaţiei**
1.3 Departamentul	**Dispozitive, Circuite şi Arhitecturi Electronice**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Tehnologii Multimedia în Aplicaţii de Biometrie şi Securitatea Informaţiei

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Inteligenţă artificială pentru sisteme integrate Artificial Intelligence for Embedded Systems			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Ş.L. dr. ing. Georgian NICOLAE			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Ş.L. dr. ing. Georgian NICOLAE			
2.4 Anul de studiu	2	2.5 Semestrul	1	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 activităţilor didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	1	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învăţământ	42	Din care: 3.5 curs	14	3.6 seminar/laborator	28
Distribuţia fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie şi notiţe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii şi eseuri					54
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	58.00
3.8 Total ore pe semestru	100
3.9 Numărul de credite	4

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcurgerea următoarelor discipline: – Programarea calculatoarelor – Prelucrarea digitală a semnalelor – Inteligenţă artificială I: sisteme clasice de învăţare automată – Inteligenţă artificială II: reţele neurale profunde

4.2 de rezultate ale învăţării	Acumularea următoarelor cunoştinţe generale: – concepte avansate de programare folosind biblioteci specifice; – tehnici avansate de prelucrare a semnalelor; – algoritmi de învăţare automată; – concepte legate de arhitecturi de reţele neurale profunde.

5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

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

6. Obiectiv general *(Se referă la intenţiile profesorilor pentru studenţi, la ceea ce studenţii vor fi învăţaţi în timpul cursului. Oferă o orientare cu privire la locul cursului în cadrul domeniului ştiinţific abordat, precum şi 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 învăţământ al specializării studiate etc.)*

Disciplina oferă o perspectivă teoretică şi practică asupra dezvoltării şi implementării modelelor de inteligenţă artificială pentru sisteme cu resurse limitate (putere de calcul redusă, rezoluţie redusă a datelor) şi funcţionare în timp real.
– Prima parte a cursului va prezenta principalele provocări şi limitări întâlnite în contextul sistemelor cu resurse limitate, alături de tehnici pentru adaptarea şi optimizarea reţelelor neurale (cuantizarea ponderilor, reducerea complexităţii modelelor, optimizare computaţională) pentru funcţionarea în timp real în cadrul sistemelor integrate. A doua parte a cursului prezintă principii şi metodologii de dezvoltare pentru modele de inteligenţă artificială pentru aplicaţii multimedia specifice, în contextul sistemelor cu resurse limitate: utilizarea datelor multimodale, sisteme robotice, elemente de siguranţă funcţională.
– Laboratorul va debuta cu introducerea mediului de lucru şi a kit-ului de dezvoltare NVIDIA Jetson Nano, precum şi configurarea acestora. Următoarele lucrări vor acoperi utilizarea tehnicilor de adaptare şi optimizare a reţelelor neurale pentru funcţionarea acestora în timp real într-un sistem integrat.
– Proiectul se va desfăşura pe echipe sau individual şi va consta în dezvoltarea, antrenarea şi validarea unui model de inteligenţă artificială bazat pe reţele neurale pentru o aplicaţie multimedia, urmată de adaptarea şi implementarea acestuia pentru un sistem cu resurse limitate (NVIDIA Jetson Nano).

7. Competenţe *(Capacitatea dovedită de a utiliza cunoştinţe, aptitudini şi abilităţi personale, sociale şi/sau metodologice în situaţii de muncă sau de studiu şi pentru dezvoltarea profesională şi personală. Reflectă cerinţele angajatorilor.)*

Specifice	– Demonstrează că deţine cunoştinţe de bază privind conceptele teoretice şi modelele şi tehnicile avansate de inteligenţă artificială şi învăţare automată folosind reţele neurale profunde cu arhitecturi ce se pretează a fi folosite în sisteme cu resurse limitate. – Aplică în practică cunoştinţele teoretice dobândite şi utilizează medii de simulare pentru analiza şi prelucrarea diverselor tipuri de date şi de semnale (în special semnale audio şi vocal). – Aplică metode, tehnici şi metodologii standardizate, specifice domeniului inteligenţei artificiale şi învăţării automate folosind reţele neurale, pentru a putea rula inferenţa modelelor pe sisteme integrate cu resurse limitate. – Argumentează şi analizează coerent şi corect contextul de aplicare a cunoştinţelor de bază ale domeniului inteligenţei artificiale şi învăţării automate pentru sisteme cu resurse limitate, utilizând concepte cheie ale disciplinei şi metodologia specifică. – Comunicare orală şi în scris în limba română: utilizează vocabularul ştiinţific specific domeniului studiat, în vederea comunicării eficiente şi corecte. – Comunicare orală şi în scris într-o limba străină (engleză): demonstrează înţelegerea şi aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului studiat, într-o limbă străină.
Transversale (generale)	– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicaţii, coordonându-şi eforturile cu ceilalţi pentru rezolvarea de situaţii problemă de complexitate medie. – Autonomie şi gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni ştiinţifici, de a căuta şi analiza date în mod independent, de a identifica soluţii, precum şi de a desprinde şi prezenta concluzii. – Capacitate de analiză şi sinteză: prezintă în mod sintetic cunoştinţele 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 inteligenţă emoţională în gestionarea socio-emoţională adecvată a unor situaţii din viaţa academică, demonstrând stăpânire de sine şi obiectivitate în luarea deciziilor sau în situaţii de stres.

8. Rezultatele învăţării *(Sunt enunţuri sintetice referitoare la ceea ce un student va fi capabil să facă sau să demonstreze la finalizarea unui curs. Rezultatele învăţării reflectă realizările studentului şi mai puţin intenţiile profesorului. Rezultatele învăţării informează studenţii despre ceea ce se aşteaptă de la ei din punct de vedere al performanţei, pentru a obţine notele şi creditele dorite. Sunt definite în termeni concreţi, folosind verbe similare exemplelor de mai jos şi indică ceea ce se va urmări prin evaluare. Rezultatele învăţării vor fi astfel redactate încât să fie evidenţiată clar relaţia faţă de competenţele definite la punctul 7.)*

Cunoştinţe	*Rezultatul asimilării de informaţii prin învăţare. Cunoştinţele reprezintă ansamblul de fapte, principii, teorii şi practici legate de un anumit domeniu de muncă sau de studiu. Pot fi teoretice şi/sau faptice.* – Defineşte corect noţiunile avansate ale domeniului inteligenţei artificiale şi reţelelor neurale ce se folosesc în cadrul sistemelor cu resurse limitate, spre exemplu MobileNet, SqueezeNet etc. – Descrie în mod corespunzător conceptele şi aspectele particulare legate de strategii de învăţare pentru sisteme integrate precum şi avantajele şi limitările individuale ale acestora. – Evidenţiază metodologiile şi tehnicile de antrenare şi de testare pentru modelele de învăţare automată bazate pe reţele neurale în contextul sistemelor integrate. – Înţelege principiile de împărţire a seturilor de date şi de evaluare a capabilităţii de generalizare a modelelor de învăţare automată, mai ales în cazul în care datele sunt puţine, nebalansate. – Defineşte şi utilizează elementele avansate legate de analiza şi prelucrarea semnalelor audio şi vocal (reprezentări în domeniile timp şi frecvenţă). – Este capabil să utilizeze corect diferitele mecanisme de învăţare automată adaptate la problema propusă.
Aptitudini	*Capacitatea de a aplica cunoştinţe şi de a utiliza know-how pentru a duce la îndeplinire sarcini şi a rezolva probleme. Aptitudinile sunt descrise ca fiind cognitive (implicând utilizarea gândirii logice, intuitive şi creative) sau practice (implicând dexteritate manuală şi utilizarea de metode, materiale, unelte şi instrumente).* – Selectează şi grupează informaţii relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice ale domeniului inteligenţei artificiale şi învăţării automate. – Utilizează argumentat conceptele specifice domeniului inteligenţei artificiale şi învăţării automate în contextul utilizării lor de către sisteme cu resurse limitate, în vederea abordării corecte a unor probleme. – Verifică experimental soluţiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicaţii legate de prelucrarea datelor şi a semnalelor. – Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate. – Argumentează modul de rezolvare şi soluţiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.
Responsabilitate şi autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom şi responsabil cunoştinţele şi aptitudinile sale.* – Selectează surse bibliografice potrivite şi le analizează. – Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate. – Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învăţare. – Manifestă colaborare cu ceilalţi colegi şi cadre didactice în desfăşurarea activităţilor didactice. – Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învăţare şi a problemelor de rezolvat. – Conştientizează valoarea contribuţiei sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluţii viabile care să rezolve probleme din viaţa socială şi economică. – Analizează oportunităţi de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoştinţele dobândite în domeniul inteligenţei artificiale. – Demonstrează abilităţi de management ale situaţiilor din viaţa reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învăţare).

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 studenţilor la stabilirea propriului parcurs de învăţare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă şi ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenţilor. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea şi expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât şi interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri şi feedback-ul studenţilor, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilităţile de asimilare şi învăţare a studenţilor (prin repetarea suplimentară a anumitor noţiuni şi concepte, dacă acest lucru se dovedeşte necesar).
Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie cât mai uşor de înţeles şi asimilat. Se lucrează împreună cu studenţii un număr de exerciţii sau probleme.
Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii.
– Predarea cunoştinţelor în cadrul orelor de aplicaţii se bazează pe comunicarea orală şi explicarea detaliată a metodelor utilizate şi a rezultatelor obţinute, într-o manieră permanent interactivă. Studenţii implementează şi evaluează diverse probleme specifice, prin utilizarea calculatorului, a mediului software şi a echipamentelor hardware. Aplicaţiile realizate îi ajută pe studenţi în dezvoltarea unor relaţii optime de comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Materialele de laborator şi proiect sunt disponibile studenţilor sub formă electronică pe platforma Moodle a facultăţii.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	“Introducere în dezvoltarea sistemelor cu inteligenţă artificială pentru sistemele cu resurse limitate” – Obiective, domenii de aplicaţii. Probleme şi provocări	2
2	“Metode de comprimare a reţelelor neurale” – Cuantizarea ponderilor folosind o rezoluţie redusă. Reducerea complexităţii reţelelor neurale (pruning)	2
3	“Tehnici de optimizare computaţională pentru sisteme cu resurse limitate” – Calcul secvenţial. Antrenare vs. inferenţă. Funcţionare în timp real. Avantaje şi limitări. Exemple	4
4	“Abordarea multimodală în sisteme cu resurse limitate” – Senzori / surse pentru achiziţia datelor, agregarea tipurilor de date. Exemple	2
5	“Inteligenţă artificială pentru sisteme robotice” – Concepte teoretice. Modelare matematică. Avantaje şi limitări. Aplicaţii şi exemple	2
6	“Elemente de siguranţă funcţională pentru sisteme cu inteligenţă artificială” – Concepte teoretice. Principii de funcţionare. Modelare matematică. Avantaje şi 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	Cunoaşterea noţiunilor teoretice fundamentale legate de inteligență artificială și rețele neurale în contextul sistemelor cu resurse limitate. Cunoaşterea 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. Cunoaşterea 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 conţinutului disciplinei cu aşteptările reprezentanţilor angajatorilor şi asociaţiilor profesionale reprezentative din domeniul aferent programului, precum şi cu stadiul actual al cunoaşterii în domeniul ştiinţific abordat şi practicile în instituţii de învăţământ superior din Spaţiul European al Învăţământului Superior (SEÎS)

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

Disciplina “Inteligenţă artificială pentru sisteme integrate” reprezintă o componentă importantă în formarea specialiştilor într-o eră în care aplicaţiile electronicii în timp real devin esenţiale. Se oferă studenţilor cunoştinţe aprofundate despre tehnologiile emergente din domeniul inteligenţei artificiale, cu un accent deosebit pe implementarea acestora în sisteme integrate. Într-o lume în continuă evoluţie, unde eficienţa şi performanţa în timp real sunt imperative, această disciplină constituie un instrument deosebit de util pentru profesioniştii care doresc să dezvolte aplicaţii avansate şi fiabile în domeniul inteligenţei artificiale şi învăţării automate.

Un aspect crucial al cursului este înţelegerea modului în care reţelele neurale profunde, parte integrantă a inteligenţei 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 asistenţilor virtuali, capacitatea de a implementa soluţii inteligente în timp real devine un avantaj esenţial în diverse industrii. Prin urmare, acest curs oferă studenţilor instrumentele necesare pentru a aborda provocările specifice ale proiectelor cu cerinţe stricte de timp şi resurse de memorie şi pentru a contribui la dezvoltarea tehnologiilor care definesc viitorul.

Pe lângă aspectele tehnice, disciplina subliniază şi importanţa gândirii critice şi a soluţiilor inovatoare în dezvoltarea sistemelor integrate cu inteligenţă artificială. Studenţii sunt încurajaţi să exploreze scenarii de aplicare reală şi să abordeze provocările practice, asigurând astfel că teoria este transpusă în soluţii tangibile şi eficiente în mediul real, acolo unde rapiditatea şi precizia sunt esenţiale. Astfel, disciplina pregăteşte specialiştii în domeniu să devină lideri în dezvoltarea şi implementarea tehnologiilor care aduc un aport semnificativ în lumea tehnologică în continuă expansiune.

Se asigură astfel absolvenţilor competenţe adecvate cu necesităţile calificărilor actuale şi o pregătire ştiinţifică şi tehnică modernă, de calitate şi competitivă, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universităţii Naţionale de Ştiinţă şi Tehnologie POLITEHNICA Bucureşti, atât din punctul de vedere al conţinutului şi structurii, cât şi din punctul de vedere al aptitudinilor şi deschiderii internaţionale oferite studenţilor. Posibilii angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic şi de cercetare), cât şi mediul de cercetare-dezvoltare din instituţiile de stat şi private care utilizează (sau intenţionează să folosească) sisteme bazate pe inteligenţă artificială şi învăţare automată avansată.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Ş.L. dr. ing. Georgian NICOLAE	Ş.L. dr. ing. Georgian NICOLAE

Data avizării în departament	Director de departament
22.09.2026	Prof. Dr. Claudius Dan

Data aprobării în Consiliul Facultăţii	Decan
22.09.2026	Prof. Dr. Mihnea Udrea

Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și

Tehnologia Informației

