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 III: tehnici avansate pentru dezvoltarea sistemelor de învăţare automată Artificial Intelligence III: Advanced Techniques for Developing Machine Learning Systems			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Conf. dr. ing. Horia CUCU, Ş.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACŞU			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Ş.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACŞU			
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		DA	2.9 Codul disciplinei	UPB.04.M3.O.20-01		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	2	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învăţământ	42	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	14
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 1D şi 2D; – 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 se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector, computer şi software specific (Python). – 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 aprofundare şi o extindere a cunoştinţelor dobândite la disciplinele “Inteligenţă artificială I: sisteme clasice de învăţare automată” şi “Inteligenţă artificială II: reţele neurale profunde”, prezentând cele mai recente şi performante tehnici şi sisteme de inteligenţă artificială.
Prima parte a cursului va detalia algoritmi avansaţi de optimizare, tehnici de regularizare şi de normalizare dinamică a datelor în cadrul procesului de antrenare, precum şi strategii avansate de învăţare (învăţare prin transfer, învăţare multiobiectiv, mecanisme de atenţie). În a doua parte a cursului, se vor studia arhitecturi complexe de reţele neurale precum reţele generativ-adversariale (Generative Adversarial Networks – GAN), auto-codoare şi auto-codoare variaţionale, şi reţele de tip transformer. Finalul cursului va acoperi concepte şi tehnici de evaluare şi îmbunătăţire a robusteţii sistemelor bazate pe reţele neurale împotriva atacurilor adversariale. Laboratorul va consta în parcurgerea etapelor pentru implementarea şi antrenarea unui sistem bazat pe reţele neurale profunde, testând diverse tehnici de optimizare şi diferite arhitecturi simple şi complexe.

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 complexe. – 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 rezolvarea problemelor de clasificare sau regresie, în funcţie de natura aplicaţiei. – Argumentează şi analizează coerent şi corect contextul de aplicare a cunoştinţelor de bază ale domeniului inteligenţei artificiale şi învăţării automate complexe, 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, în scris şi oral. – 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 profunde: arhitecturi de reţele generative, mecanisme de atenţie, auto-codoare variaţionale etc. – Descrie în mod corespunzător conceptele şi aspectele particulare legate de strategii de învăţare avansate, funcţii de cost compuse, tehnologii de asigurare a robusteţii reţelelor neurale împotriva atacurilor adversariale, 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 profunde complexe. – 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 straturi şi mecanisme de învăţare 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 vederea abordării corecte a unor probleme. – Verifică experimental soluţiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicaţii legate de prelucrarea datelor şi a semnalelor, în particular a semnalelor audio şi vocal. – 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 laborator se bazează pe comunicarea orală şi explicarea detaliată a metodelor utilizate şi a rezultatelor obţinute, într-o manieră permanent interactivă. Studenţii implementează şi evaluează independent aceleaşi probleme prin utilizarea calculatorului şi a mediului software. Aplicaţiile realizate îi ajută pe studenţi în dezvoltarea unor relaţii optime de comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Materialele de laborator sunt disponibile studenţilor sub formă electronică pe platforma Moodle a facultăţii.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	“Algoritmi avansaţi de optimizare” – Algoritmul ADAM. Variante avansate de SGD. Probleme și aplicații	4
2	“Evaluarea și îmbunătățirea robusteții rețelelor neurale împotriva atacurilor adversariale” – Evaluarea robusteții sistemelor – constanta Lipschitz. Tehnici de antrenare pentru rețele robuste (antrenarea adversarială, controlul constantei Lipschitz în procesul de antrenare). Tipuri de atacuri adversariale (blackbox, whitebox)	12
3	“Tehnici de regularizare şi straturi de normalizare” – Principii, tipuri de straturi. Modelare matematică. Utilizarea normei L1/L2, antrenare selectivă (dropout). Normalizare pe lot (batch normalization), normalizare pe strat (layer normalization). Avantaje și limitări. Exemple	4
4	“Strategii avansate de învățare” – Învățare prin transfer (transfer learning) și aplicații. Auto-codoare și aplicații. Mecanisme de atenție. Exemple	8
5	“Rețele generativ-adversariale (GAN-uri)” – Concepte teoretice. Modelare matematică. Modele de difuzie. Avantaje și limitări. Aplicații în generarea automată a falsurilor	6
6	“Auto-encodere variaționale și rețele de tip transformer– Concepte teoretice. Principii de funcționare . Modelare matematică. Avantaje și limitări. Exemple	8
	Total:	42

Bibliografie:
1. H. Cucu, A. Neacşu, *Inteligență artificială III: tehnici avansate pentru dezvoltarea sistemelor de învățare automată*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. S. Sun, Z. Cao, H. Zhu, J. Zhao, "A Survey of Optimization Methods From a Machine Learning Perspective", *IEEE Transactions on Cybernetics*, 50(8), pp. 3668-3681, 2019.
3. M. Serrurier et al., "Achieving Robustness in Classification Using Optimal Transport With Hinge Regularization", *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Nashville, TN, USA, IEEE, pp.505-514, June 2021.
4. N. Carlini, D. Wagner, "Towards Evaluating the Robustness of Neural Networks", *Proceedings of the 2017 IEEE Symposium on Security and Privacy*, San Jose, CA, USA, IEEE, pp. 39-57, May 2017.
5. K. Weiss, T.M. Khoshgoftaar, D.D. Wang, "A Survey of Transfer Learning", *Journal of Big data*, SpringerOpen, 3(9), pp. 1-40, 2016.
6. A. Vaswani et al., Attention Is All You Need", *Proceedings of the 31st Conference on Neural Information Processing Systems*, Long Beach, CA, USA, pp. 1-11, 2017.
7. P. Li, Y. Pei, J. Li, "A Comprehensive Survey on Design and Application of Autoencoder in Deep Learning", *Applied Soft Computing*, Elsevier, 138(110176), pp. 1-21, May 2023.
8. S. Khan, M. Naseer, M. Hayat, S.W. Zamir, F.S. Khan, M. Shah, "Transformers in Vision: A Survey", *ACM Computing Surveys*, ACM Digital Library, 54(10s), pp. 1-41, Sept. 2022.

PROIECT

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Antrenarea de rețele neurale robuste împotriva atacurilor adversariale prin diferite mecanisme cum ar fi controlul constantei Lipschitz a sistemului în timpul antrenării și antrenarea adversarială	4
2	Implementarea de algoritmi de atac adversarial de tip cutie-neagră (black-box) și cutie-albă (white-box)	4
3	Dezvoltarea și testarea unui sistem robust de recunoaștere de vorbire bazat pe rețele neurale profunde	4
4	Predarea și susținerea raportului de proiect	2
	Total:	14

Bibliografie:
1. A. Neacşu, *Inteligență artificială III: tehnici avansate pentru dezvoltarea sistemelor de învățare automată – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. ***, *scikit-learn – Machine Learning in Python*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://scikit-learn.org/stable/
3. ***, *NumPy*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://numpy.org/doc/
4. ***, *pandas documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://pandas.pydata.org/docs/
5. ***, *Tensorflow documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://www.tensorflow.org/
6. ***, *PyTorch documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://pytorch.org/docs

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 inteligenţă artificială şi reţele neurale profunde (algoritmi avansaţi de optimizare şi arhitecturi complexe). Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înţelegerea modelelor şi tehnicilor avansate de inteligenţă artificială şi învăţare automată bazată pe reţele neurale profunde. Cunoaşterea modului de simulare şi de implementare practică (pe calculator) a metodelor şi tehnicilor studiate, cu ajutorul unor medii de programare evoluate.	Prezentarea orală a proiectului în ultima şedinţă alocată acestei activităţi.	50%
11.6 Condiţii de promovare			
– Obţinerea a 50% din punctajul total. – Realizarea obligaţiilor caracteristice activităţii 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)

Rețelele neurale profunde reprezintă o ramură esențială a inteligenței artificiale, având un impact semnificativ în diverse domenii. Aceste rețele, inspirate de structura creierului uman, sunt compuse din straturi multiple de unități numite neuroni artificiali. Importanța lor derivă din capacitatea de a învăța reprezentări complexe ale datelor prin antrenamentul pe seturi mari de date.
Una dintre principalele utilități ale rețelelor neurale adânci este în domeniul vederii artificiale. Ele au revoluționat recunoașterea obiectelor, clasificarea imaginilor și detectarea de caracteristici complexe în timp real. Această abilitate este crucială în dezvoltarea vehiculelor autonome, monitorizarea securității și într-o gamă largă de aplicații medicale. În domeniul procesării limbajului natural, rețelele neurale profunde au transformat modul în care calculatoarele înțeleg și produc limbajul. Sisteme precum traducerea automată, rezumarea textului și analiza sentimentelor beneficiază de capacitățile acestor rețele, facilitând comunicarea și accesul la informație în moduri eficiente.
Pe scurt, rețelele neurale profunde au devenit coloana vertebrală a revoluției în inteligența artificială, aducând beneficii semnificative în numeroase domenii. Capacitatea lor de a modela relații complexe în date, de a înțelege contextul și de a realiza sarcini specifice le face instrumente indispensabile în progresul tehnologic și în rezolvarea problemelor complexe ale societății.
Se asigură astfel absolvenților competențe adecvate cu necesitățile 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.

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti
Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi
Tehnologia Informaţiei

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Conf. dr. ing. Horia CUCU	Ş.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACŞU

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