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 II: reţele neurale profunde Artificial Intelligence II: Deep Neural Networks			
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	1	2.5 Semestrul	2	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		F	2.9 Codul disciplinei	1		2.10 Tipul de notare	Nota

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: 3.2 curs	2	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învăţământ	56	Din care: 3.5 curs	28	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					65
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	69.00
3.8 Total ore pe semestru	125
3.9 Numărul de credite	5

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

4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoştinţe generale: – concepte fundamentale de programarea calculatoarelor; – tehnici de bază de prelucrare a semnalelor; – algoritmi de bază de învăţare automată.

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 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 viziune de ansamblu şi detaliată a domeniului învăţării automate profunde folosind reţele neurale avansate: reţele neurale complet-conectate cu straturi multiple (Multilayer Perceptrons – MLP), reţele neurale convoluţionale (Convolutional Neural Networks – CNN), reţele neurale recurente (Recurrent Neural Networks – RNN).
– Abordarea conceptelor şi noţiunilor la curs are ca obiect principal dezvoltarea intuiţiei asupra mecanismelor de antrenare şi modurilor de utilizare ale reţelelor neurale profunde, urmărindu-se totodată şi o detaliere matematică riguroasă a procesului de antrenare şi a modelelor studiate. Sunt prezentate cele mai importante tipuri de reţele neurale profunde pentru probleme de clasificare şi regresie (MLP, CNN, RNN), ca şi diferite strategii de învăţare pentru îmbunătăţirea performanţelor sistemelor.
– Laboratorul debutează cu o introducere detaliată în utilizarea platformei Git şi a uneltelor de management a resurselor computaţionale: medii virtuale (venv), slurm. Următoarele lucrări acoperă implementarea practică a modelelor de reţele neurale profunde studiate la curs, folosind bibliotecile TensorFlow şi PyTorch, şi utilizarea acestora pentru aplicaţii specifice de clasificare şi regresie pe baza datelor audio şi video. Ultima lucrare este organizată sub forma unei competiţii de implementare şi antrenare a unui sistem de clasificare bazat pe reţele neurale profunde.
– 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 profunde pentru diferite aplicaţii multimedia.

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 moderne de inteligenţă artificială şi învăţare automată folosind reţele neurale profunde. – Aplică în practică cunoştinţele teoretice dobândite şi utilizează medii de simulare pentru analiza şi prelucrarea diverselor tipuri de date şi de semnale. – 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 clasice, 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 de bază ale domeniului inteligenţei artificiale şi reţelelor neurale profunde: tipuri de straturi, arhitecturi de reţele clasice, operatori de activare, algoritmi de optimizare, metodologii experimentale, modalităţi de evaluare ale modelului etc. – Descrie în mod corespunzător conceptele şi aspectele particulare legate de modelele de învăţare bazate pe reţele neurale profunde: arhitecturi complet conectate, convoluţionale, recurente etc., 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. – Înţelege principiile de împărţire a seturilor de date şi de evaluare a capabilităţii de generalizare a modelelor de învăţare automată. – Defineşte şi utilizează elementele de bază legate de analiza şi prelucrarea semnalului 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 semnalului 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 şi învăţării automate clasice. – 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 şi de proiect 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 şi de proiect sunt disponibile studenţilor sub formă electronică pe platforma Moodle a facultăţii.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	“Inteligenţă artificială şi reţele neurale profunde – Introducere” – Scurt istoric. Stadiul domeniului în prezent. Rezultate remarcabile. Probleme şi aspecte etice	2
2	“Paradigme şi principii particulare în rezolvarea sarcinilor de clasificare şi regresie prin învăţare automată” – Clasificare vs. Regresie. Probleme fundamentale întâmpinate în procesul de antrenare. Reguli de procesare pentru baze de date	5
3	“Reţele neurale complet-conectate” – Principii, tipuri de straturi. Modelare matematică şi elemente de algebră liniară. Tehnici de Optimizare. Algoritmul de propagare inversă a erorilor (backpropagation). Algoritmul de minimizare după gradient (gradient descent). Funcţii de activare	9
4	“Reţele neurale convoluţionale” – Concepte teoretice. Modelare matematică. Reducerea dimensionalităţii prin straturi de agregare. Avantaje şi limitări. Utilizarea în cadrul învăţării supervizate şi în cadrul învăţării nesupervizate. Exemple	4
5	“Reţele neurale recurente” – Concepte teoretice. Modelare matematică. Avantaje şi limitări. Lanţuri de celule cu memorie de scurtă durată (LSTM). Celule recurente limitate. Exemple	4
6	“Strategii de învăţare” – Concepte teoretice. Adaptarea dinamică a ratei de învăţare. Tehnici de antrenare pentru baze de date reduse şi pentru baze de date cu distribuţie neuniformă a claselor. Avantaje şi limitări. Exemple	4
	Total:	28

Bibliografie:
1. H. Cucu, A. Neacşu, *Inteligenţă artificială II: reţele neurale profunde*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultăţii de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. P.J. Olver, C. Shakiban, *Applied Linear Algebra*, 2nd Edition, Springer International Publishing AG, Cham, Switzerland, 2018, ISBN: 978-3-319-91040-6.
3. I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville, *Deep Learning*, MIT Press, Cambridge, MA, USA, 2016, ISBN: 978-0-262-03561-3.
4. J. Gu, Z. Wang, J. Kuen et al., "Recent Advances in Convolutional Neural Networks", *Pattern Recognition*, Elsevier, Vol. 77, pp. 354-377, Mai 2018.
5. A. Sherstinsky, "Fundamentals of Recurrent Neural Network (RNN) and Long Short-Term Memory (LSTM) Network", *Physica D: Nonlinear Phenomena*, Vol. 404: 132306, Martie 2020.
6. A. Gotmare, N.S. Keskar, C. Xiong, R. Socher, "A Closer Look at Deep Learning Heuristics: Learning rate restarts, Warmup and Distillation", *Proceedings of the 6th International Conference on Learning Representations*, Vancouver, Canada, Mai 2018.

LABORATOR

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Protecţia muncii. Introducere în utilizarea platformei Git şi a uneltelor de management a resurselor computaţionale: medii virtuale (venv), slurm	2
2	Implementarea unui sistem de clasificare folosind reţele neurale profunde complet-conectate – implementare manuală în Python	2
3	Implementarea unui sistem de clasificare folosind reţele neurale profunde complet-conectate – implementare folosind bibliotecile TensorFlow şi PyTorch	2
4	Implementarea unui sistem de clasificare folosind reţele neurale convoluţionale folosind o bibliotecă la alegere (TensorFlow sau PyTorch)	2
5	Implementarea unui sistem de regresie folosind reţele neurale recurente folosind o bibliotecă la alegere (TensorFlow sau PyTorch)	2
6	Competiţie de implementare a unui sistem de clasificare folosind reţele neurale profunde	2
7	Colocviu final	2
	Total:	14

PROIECT

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Dezvoltarea, antrenarea şi validarea unui model de inteligenţă artificială bazat pe reţele neurale pentru diferite aplicaţii multimedia	12
2	Predarea şi susţinerea raportului de proiect	2
	Total:	14

Bibliografie:
1. A. Neacşu, *Inteligenţă artificială II: Reţele neurale profunde – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii ETTI: https://curs.upb.ro/
2. A. Neacşu, *Inteligenţă artificială II: Reţele neurale profunde – Îndrumar de proiect*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii ETTI: https://curs.upb.ro/
3. ***, *scikit-learn – Machine Learning in Python*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://scikit-learn.org/stable/
4. ***, *NumPy*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://numpy.org/doc/
5. ***, *pandas documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://pandas.pydata.org/docs/
6. ***, *Tensorflow documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://www.tensorflow.org/
7. ***, *PyTorch documentation*, documentaţie şi 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. Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	40%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înţelegerea modelelor şi tehnicilor fundamentale de inteligenţă artificială şi învăţare automată bazată pe reţele neurale. Cunoaşterea modului de simulare şi de implementare practică (pe calculator) a metodelor şi tehnicilor studiate, cu ajutorul unor medii de programare evoluate.	Colocviu final de laborator (test pe calculator).	30%
	Dezvoltarea unui model de inteligenţă artificială bazat pe reţele neurale pentru diferite aplicaţii multimedia.	Prezentarea orală a proiectului în ultima şedinţă alocată acestei activităţi.	30%
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)

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

Rețelele neurale profunde reprezintă o ramură esenţială a inteligenţei 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 profunde 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 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.

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