



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) (en)	Inteligență artificială III: tehnici avansate pentru dezvoltarea sistemelor de învățare automată Artificial Intelligence III: Advanced Techniques for Developing Machine Learning Systems						
2.2 Titularul activităților de curs	Conf. dr. ing. Horia CUCU, Ș.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACȘU						
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator	Ș.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACȘU						
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	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 activităților didactice)

3.1 Număr de ore pe săptămână	4	Din care: 3.2 curs	3.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	56.00	Din care: 3.5 curs	42	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					65
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activități (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. Precondiții (acolo unde este cazul)



4.1 de curriculum	Parcurgerea 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: <ul style="list-style-type: none">– concepte avansate de programare folosind biblioteci specifice;– tehnici avansate de prelucrare a semnalelor 1D și 2D;– 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 se va desfășura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector, computer și software specific (Python). – 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 aprofundare și o extindere a cunoștințelor dobândite la disciplinele “Inteligență artificială I: sisteme clasice de învățare automată” și “Inteligență artificială II: rețele neurale profunde”, prezentând cele mai recente și performante tehnici și sisteme de inteligență artificială.

Prima parte a cursului va detalia algoritmi avansați de optimizare, tehnici de regularizare și de normalizare dinamică a datelor în cadrul procesului de antrenare, precum și strategii avansate de învățare (învățare prin transfer, învățare multiobiectiv, mecanisme de atenție). În a doua parte a cursului, se vor studia arhitecturi complexe de rețele neurale precum rețele generativ-adversariale (Generative Adversarial Networks – GAN), auto-codoare și auto-codoare variaționale, și rețele de tip transformer. Finalul cursului va acoperi concepte și tehnici de evaluare și îmbunătățire a robusteții sistemelor bazate pe rețele neurale împotriva atacurilor adversariale. Laboratorul va consta în parcurgerea etapelor pentru implementarea și antrenarea unui sistem bazat pe rețele neurale profunde, testând diverse tehnici de optimizare și diferite arhitecturi simple și complexe.

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 complexe.– 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 rezolvarea problemelor de clasificare sau regresie, în funcție de natura aplicației.– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului inteligenței artificiale și învățării automate complexe, 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, în scris și oral.– Comunicare orală și în scris într-o limba 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 exemplelor 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 profunde: arhitecturi de rețele generative, mecanisme de atenție, auto-codoare variaționale etc. – Descrie în mod corespunzător conceptele și aspectele particulare legate de strategii de învățare avansate, funcții de cost compuse, tehnologii de asigurare a robusteții rețelelor neurale împotriva atacurilor adversariale, 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 profunde complexe. – Înțelege principiile de împărțire a seturilor de date și de evaluare a capabilității 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 straturi și mecanisme de învățare 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 vederea abordării corecte a unor probleme. – Verifică experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicații legate de prelucrarea datelor și a semnalelor, în particular a semnalelor audio și vocal. – 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 laborator se bazează pe comunicarea orală și explicarea detaliată a metodelor utilizate și a rezultatelor obținute, într-o manieră permanent interactivă. Studenții implementează și evaluează independent aceleași probleme prin utilizarea calculatorului și a mediului software. Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

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

10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	“Algoritmi avansați 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 și 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. Neacșu, *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.

LABORATOR

Nr. crt.	Conținutul	Nr. ore
1	Protecția muncii. 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	Colocviu final	2
	Total:	14

Bibliografie:

1. A. Neacșu, *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	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de inteligență artificială și rețele neurale profunde (algoritmi avansați de optimizare și arhitecturi complexe). Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	50%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înțelegerea modelelor și tehnicilor avansate de inteligență artificială și învățare automată bazată pe rețele neurale profunde. Cunoașterea modului de simulare și de implementare practică (pe calculator) a metodelor și tehnicilor studiate, cu ajutorul unor medii de programare evaluate.	Colocviu final de laborator (test pe calculator).	50%
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 (SEİS)

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 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.



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



Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

27.09.2024

Conf. dr. ing. Horia CUCU

Ș.L. dr. ing. Ana-Antonia NEACȘU

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