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	**Electronică Aplicată şi Ingineria Informaţiei**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Ingineria Informaţiei şi a Sistemelor de Calcul

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Neuroinformatică aplicată			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. Dr. Radu DOGARU			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Prof. Dr. Radu DOGARU, Conf.dr.ing. Ioana Dogaru			
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.16-14		2.10 Tipul de notare	Nota

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3.5	Din care: 3.2 curs	1.50	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învăţământ	49.00	Din care: 3.5 curs	21	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					61
Tutorat					4
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	76.00
3.8 Total ore pe semestru	125
3.9 Numărul de credite	5

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Nu este cazul
4.2 de rezultate ale învăţării	Nu este cazul

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 sau prin intermediul platformelor Teams / Moodle .

5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Seminarul si proiectul se vor desfășura într-o sală dotată cu videoproiector și computer sau prin intermediul platformelor Teams / Moodle ; Se vor explica o serie de module aplicative disponibile via Moodle (de regula notebook-uri Google Colab sau Kaggle) din perspectiva rezolvarii temei de casa, un proiect aplicativ in domeniul cursului care va certifica competentele studentului.

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.)*

Această disciplină a fost propusă în contextul diversificării gamei de tehnologii software disponibile şi a cerinţei diversificate de aplicaţii din zona “machine learning” care trebuiesc rezolvate în condiţii de performanţă, productivitate şi portabilitate.
Disciplina familiarizează studenţii cu metodele şi tehnicile avansate de „machine learning” (tradus prin neuroinformatica aplicată) cu relevanţă în aplicaţii din domeniile de interes (recunoaştere de imagini, voce, semnale biomedicale şi bioinformatice, predicţie, modelarea datelor experimentale, „big data”, etc.). Sunt prezentate cele mai actuale paradigme neuroinformatice dar şi o serie de exemple (studii de caz) privind aplicaţii specifice ale acestora. De asemenea se discută aspecte specifice legate de implementarea diferitelor module neuroinformatice pe platforme computaţionale diverse (calculator personal, platformă mobilă de tip tableta, acceleratoare cu suport GPU, TPU sau FPGA).
Întrucât disciplina se predă la-un masterat de cercetare, aplicaţiile sunt concepute astfel încât studenţii să utilizeze modulele informatice care implementează diferite concepte de neuroinformatica pentru realizarea unui studiu complet (familiarizare cu modelele neuroinformatice, definirea aplicaţie şi a unei baze de date specifice, definirea şi optimizarea arhitecturii neuronale, modelare şi simulare, soluţie de implementare, rezultate experimentale, evaluarea acestora, comparaţii şi concluzii, inclusiv utilizarea extenisva a referinţelor bibliografice). Se vor utiliza în principal platforme „cloud” Google COLAB, Kaggle sau Binder care permit derularea aplicaţiilor şi în regim on-line. Acest studiu se materializează prin redactarea unui raport la temă de casă sub forma şi în condiţiile specifice unui articol ştiinţific.

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/avansate în domeniul identificarii unor metode si tehnologii eficiente din domeniul „machine learning” (tehnici de inteligenta artificiala cu accent pus pe cele de inspiratie neuronala) pentru implementarea unei aplicatii specifice pe platforme computationale diverse. **Corelează cunoştinţele** din domeniu **Aplică în practică** cunoştinţele **Aplică** metode şi instrumente standardizate, specifice domeniului, pentru realizarea procesului de evaluare şi diagnoză a unei situaţii, în funcţie de problemele identificate/raportate, şi identifică soluţii. **Argumentează si analizează** coerent și corect contextul de aplicare a cunostințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei şi metodologia specifica. **Comunicare orală și în scris în limba română:** utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficace, în scris și oral. **Comunicare orală şi în scris într-o limba străină (engleză):** demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.

Transversale (generale)	**Autonomie şi gândire critică:** abilitatea de a gândi în termeni ştiinţifici, de a căuta şi analiza date în mod independent, precum şi de a desprinde şi prezenta concluzii / identifica soluţii. **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 reală/academică/profesională, 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.* - Enumeră cele mai importante instrumente şi tehnici din domeniul neuroinformaticii (machine learning) ca si cele mai populare si eficiente medii de programare si este capabil sa utilizeze aceste cunostinte specifice pentru implementarea unei aplicatii. - Cunoaşte terminologia utilizată şi defineşte noţiuni specifice - Descrie şi explică noţiuni, concepte şi metode ştiinţifice moderne aplicare în diferite clase de probleme specifice domeniului - Evidenţiază şi analizează consecinţele modului de achiziţie şi de analiză a datelor avute la dispoziţie asupra calităţii rezultatelor diverselor metode studiate
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).* Demonstrează capacitatea de utilizare adecvată a noţiunilor specifice disciplinei pentru rezolvarea unei teme specifice Verifică experimental soluţii identificate. Rezolvă aplicaţii practice prin utilizarea sistemelor deja existente şi/sau prin dezvoltarea de module software cu contributii proprii. Identifică soluţii şi elaborează planuri de rezolvare pe baza instrumentelor pe care le are la dispoziţie în cadrul sistemelor studiate. Interpretează adecvat relaţii de cauzalitate, demonstrând capacitate de analiză şi interpretare a diverselor scenarii posibile. Argumentează soluţiile identificate/modurile de rezolvare.

Responsabilitate și autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și 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 învățare. **Manifestă colaborare** cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice **Demonstrează autonomie** în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat **Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate** pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale. **Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei** la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială). **Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse** în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător

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 rămâneri în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite articole stiintifice si eventual filmulețe care vor fi puse la dispoziția studenților. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs.
Prezentările teoretice vor alterna cu module aplicative sub forma de notebook-uri Google Colab sau Kaggle cu evidentierea elementelor specifice care pot fi explorate in dezvoltarea temelor de casa (proiecte aplicative)
Se utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat.
Se va pune accent pe exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare, pe mecanisme de construcție a feedback-ului pentru a adapta stilul de predare la modul și nevoie de învățare ale studenților. Se va încuraja comunicarea atât între studenți prin lucrul în echipă, cât și comunicarea deschisă și directă a studenților cu cadrul didactic pentru construirea unui climat favorabil învățării.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	Introducere in neuroinforatica: Motivatia si obiectivele NA; Domenii de aplicabilitate; Modelul general al unui sist. neuroinformatic; Paradigme neuroinformatice de actualitate in cercetare (“deep learning”, “echo state networks”, “extreme learning machines”, “cellular nonlinear networks”, “neuromorphic systems”).	2
2	Principii generale în neuroinformatică: Baze de date, construirea bazelor de date pentru aplicaţii cu exemplificare în recunoaşterea simbolurilor grafice; Evaluarea performantei, funcţii cost; Suprafaţa erorii, algoritmi de antrenare. Validarea încrucişată, generalizare şi memorizare. Structura şi numărul de parametri ai unui sistem neural; Structuri specifice: unidirecţionale, cu competiţie, recurente; Linear şi neliniar separabilitate; Capacitate de reprezentare funcţională, aprox. funct. universali; Modalităţi de creştere a capacităţii de reprezentare funcţională; Paradigme pentru transferul de cunoştinţe: a) neural vs. fuzzy; b) supervizat, c) nesupervizat şi d) "reinforcement" (învăţare prin interacţiune);Implementarea principiilor de mai sus în Keras/Tensorflow cu exemplificări.	4

3	Neuroinformatica în aplicaţii: Clasificare, regresie, modelare, predicţie, vizualizarea datelor. Rolul extractorului de trăsături; Paşi specifici în proiectare; Exemple comentate şi studii de caz.	2
4	Structuri cu propagare unidirectionala (feed-forward) de tip kernel-networks: Neuroni liniar adaptivi (Adaline); Avantaje si dezavantaje; Antrenare incrementala (on-line) si pachet (batch). Algoritmi de gradient, LMS, varianta analitica si stohastica; SVM linear. Expandori neliniari si functii nucleu; Modele consacrate de retele neurale cu functii nucleu: SVM, RBF, Extreme Learning Machine (ELM), Fuzzy-perceptroni, sisteme Neuro Fuzzy mai complexe. Aplicatii specifice; Convolutia ca functie nucleu.	4
5	Structuri cu propagare unidirecţională multi-strat: Perceptroni multistrat, auto-encoderi, structuri „deep learning”. Prezentarea principalelor modele „deep learning” şi a celor de tip Tiny-ML pentru platforme de calcul cu constrângeri (LeNet, AlexNet, Inception, ResNet, MobileNet, EfficientNet, V-CNN etc..). Mecanisme de antrenare specifice: back-propagation, metode de tip swarm intelligence, alte metode utilizate în „deep learning”. Aplicaţii specifice: proiecţia neliniară în spaţii de dimensiune redusă, etc.	4
6	Structuri neuronale cu strat competitiv şi recurente : Aspecte privind competiţia în reţele neuronale – aplicaţii în cuantizarea vectorială; Algoritmii Kohonen de tip VQ, LVQ şi SOM, aplicaţii şi probleme specifice. Metode adaptive pentru reducerea dimensionalitatii (PCA), algoritmii GHA şi APEX, kernel-PCA; Auto-encoderi. Sisteme recurente: Reţele de tip Echo State Networks (ESN), LSTM, „transformers” aplicaţii în predicţie şi prelucrarea limbajului natural. Reţele celular neliniare CNN, aplicaţii în „smart sensing”.	3
7	Considerente privind integrarea aplicaţiilor neuroinformatice: Platforme sw. moderne „deep learning” (Keras/Tf, Pytorch, JAX, etc.); Accelerare prin utilizarea GPU şi TPU; Accelerare prin utilizarea FPGA; Accelerare prin evitarea operatorilor computaţional intensivi; Studii de caz: neuronul cu imbricare multiplă; arhitectura simpliciala cu varianta SORT; Aspecte specifice privind integrarea în platforme Tiny-ML..	2
	Total:	21

Bibliografie:

[1] DOGARU Radu, Neuroinformtică aplicată (NA), suport de curs electronic, https://curs.upb.ro/2025
[2] Bibliografie „la zi” in cursul Moodle
[3] R. Dogaru, Sisteme inteligente integrate, Ed. Printech Bucuresti, - 1998, 212 pp., ISBN-973-9402-44-
[4] R. Dogaru, O. Grigore, Sisteme neuro-fuzzy, implementari informatice si aplicatii, Ed. Printech 1999, ISBN 973-9475-51-5.
[5] Radu Dogaru, note de curs "Neural and FuzzySystems", 2008, predat in cadrul programului doctoral BK21 la Chonbuk National University, Republica Sud-Coreeana (sunt accesibile, inclusiv traduse in limba romana, pe situl Moodle al disciplinei).
[6] S. Haykin, „Neural networks, a comprehensive foundation”, Prentice Hall, 2008 (3’d Ed.).
[7] Michael Nielsen, "Neural Networks and Deep Learning" (a free online book), http://neuralnetworksanddeeplearning.com/index.html ,2017
[8] Documentatie si suport pentru utilizarea platformelor cloud Google COLAB https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index si Kaggle https://www.kaggle.com/

SEMINAR		
Nr. crt.	**Conţinutul**	**Nr. ore**

1	Utilizarea Keras/ Tensorflow cu etapele specifice unei probleme de „machine learning”; seturi de date standard, probleme specifice în optimizarea modelului (alegere nr. neuroni), optimizare computaţională (la implementare), influenta tipurilor de neuroni şi a cuantizării ponderilor sinaptice.	2
2	Realizarea unei baze de date proprii specifice unei aplicaţii (recunoaşterea simbolurilor grafice), evaluarea performantei şi optimizarea parametrilor extractorului de trăsături.	2
3	Antrenarea super rapidă în structuri ELM (extreme learning machine). Completarea cu un set de straturi convolutionale binare pentru obţinerea unor modele cu eficienţă de integrare în FPGA.	2
4	Structuri şi modele neuronale “deep-learning”, studiu comparativ al diferitelor modele (NL-CNN, V-CNN, MobileNet, ResNet etc..) şi posibilitatea de a automatiza selecţia modelului (cu ajutorul bibliotecii AutoKeras).	2
5	Clasificatorul FSVC (fast support vector classifier), probleme specifice reţelelor cu funcţii baza radiala, optimizarea razei şi alegerea optimală a tipului de funcţie RBF şi a tipului de distantă. Comparaţie cu SVM şi ELM pentru seturile de date standard.	2
6	Metode adaptive pentru cuantizare vectorială şi clustering (algoritmi LVQ, k-NN, ŞOM). Aplicaţii specifice (etichetarea datelor, compresii) Metode liniar adaptive de proiecţie cu extragerea componentelor principale (PCA).	2
7	Modele neuronale în Keras cu suport GPU / TPU. Se utilizează Python (pe platforma Kaggle cu suport GPU / TPU-VM).	2
	Total:	14

PROIECT

Nr. crt.	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 1.	2
2	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 2.	2
3	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 3.	2
4	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 4.	2
5	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 5.	2
6	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 6.	2
7	Discutarea interactiva a modulelor software si a experimentelor relevante temei de casa relativ la tematica din seminar 7.	2
	Total:	14

Bibliografie:

1.DOGARU Radu, Neuroinformatica Aplicata (NA), suport de curs electronic, https://curs.upb.ro/2025
2.Bibliografia cursului si specifica aplicatiilor actualizate la zi (in cadrul cursului Moodle)
3.Documentatie si suport pentru utilizarea platformelor cloud Google COLAB https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index si Kaggle https://www.kaggle.com/

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; Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice de programare; Analiza diferenţială a modelelor neuronale şi instrumentelor software de antrenare si „deployment” (integrare pe platforme computationale)	Quiz (test grila) cu intrebari formulate astfel incat sa verifice capacitatea studentului de a selecta cunostintele adecvate unei situatii practice	40%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Existența unei aplicații funcționale de modelare și simulare pe o temă aleasă de student din tematica disciplinei și care să dovedească capacitatea de a folosi instrumentele si tehnologiile discutate pentru o problemă practică si de a expune rezultatele in formatul sistematic acceptat de comunitatea stiintifica.	Referat sub firma unui articol stiintific care se va evalua inclusiv prin interactiunea cu studentul.	60%
11.6 Condiții de promovare			
Conform regulamentului ETTI: Obținerea a 50% din punctajul total. Disciplina este cu examen, verificarea finala are ponderea de 40%			

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)

-Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme privind realizarea unor aplicatii eficiente de „machine learning” (AI) specifice diversitatii de situatii intalnite in practica activitatii de cercetare.
-În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere cunoștințe / aspecte / fenomene descrise de literatura de specialitate / cercetările proprii publicate / prezentate
- Cursul are un conținut similar cursurilor desfășurate la univerisatati de prestigiu (ex: https://ischoolonline.berkeley.edu/data-science/curriculum/applied-machine-learning/)
- Prin tema de casă individuală se urmărește dezvoltarea abilităților absolventului de a gestiona situaţii practice cu care se poate confrunta în viața reală în scopul creşterii contribuţiei acestuia la îmbunătățirea mediului socio-economic

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
21.09.2026	Prof. Dr. Radu DOGARU	Prof. Dr. Radu DOGARU

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

Conf.dr.ing. Ioana DOGARU

Data avizării în departament

Director de departament

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

22.09.2026

Prof. Dr. Mihnea Udrea