



### 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	Electronică Aplicată și Ingineria Informației
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Electronică și Informatică Aplicată

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Neuroinformatică aplicată					
2.1 Denumirea disciplinei (en)							
2.2 Titularul activităților de curs		Prof. Dr. Radu DOGARU					
2.3 Titularul activităților 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.01-12	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	2.00	3.3 seminar/laborator	2
3.4 Total ore din planul de învățământ	56.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	28
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					61
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					4
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	Nu este cazul
4.2 de rezultate ale învățării	Nu este cazul

#### 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 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 rezolvării temei de casa, un proiect aplicativ in domeniul cursului care va certifica competentele studentului.
-----------------------------------	---

**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.)

Această disciplină a fost propusă în contextul diversificării gamei de tehnologii software disponibile și a cerinței diversificate de aplicații din zona “machine learning” care trebuie rezolvate în condiții de performanță, productivitate și portabilitate.

Disciplina familiarizează studenții cu metodele și tehnicile avansate de „machine learning” (tradus prin neuroinformatica aplicată) cu relevanță în aplicații din domeniile de interes (recunoaștere de imagini, voce, semnale biomedicale și bioinformatică, predicție, modelarea datelor experimentale, „big data”, etc.). Sunt prezentate cele mai actuale paradigme neuroinformatică dar și o serie de exemple (studii de caz) privind aplicații specifice ale acestora. De asemenea se discută aspecte specifice legate de implementarea diferitelor module neuroinformatică pe platforme computaționale diverse (calculator personal, platformă mobilă de tip tableta, acceleratoare cu suport GPU, TPU sau FPGA).

Întrucât disciplina se predă la-un masterat de cercetare, aplicațiile sunt concepute astfel încât studenții să utilizeze modulele informatice care implementează diferite concepte de neuroinformatica pentru realizarea unui studiu complet (familiarizare cu modelele neuroinformatică, definirea aplicație și a unei baze de date specifice, definirea și optimizarea arhitecturii neuronale, modelare și simulare, soluție de implementare, rezultate experimentale, evaluarea acestora, comparații și concluzii, inclusiv utilizarea extensivă a referințelor bibliografice). Se vor utiliza în principal platforme „cloud” Google COLAB, Kaggle sau Binder care permit derularea aplicațiilor și în regim on-line. Acest studiu se materializează prin redactarea unui raport la temă de casă sub formă și în condițiile specifice unui articol științific.

**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"><li>-<b>Demonstrează că deține cunoștințe de bază/avansate</b> în domeniul identificării unor metode si tehnologii eficiente din domeniul „machine learning” (tehnici de inteligența artificială cu accent pus pe cele de inspirație neuronală) pentru implementarea unei aplicații specifice pe platforme computaționale diverse.</li><li>- <b>Corelează cunoștințele din domeniu</b></li><li>- <b>Aplică în practică cunoștințele</b></li><li>- <b>Aplică metode și instrumente standardizate</b>, specifice domeniului, pentru realizarea procesului de evaluare și diagnoză a unei situații, în funcție de problemele identificate/raportate, și identifică soluții.</li><li>- <b>Argumentează și analizează</b> coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</li><li>-<b>Comunicare orală și în scris în limba română</b>: utilizează vocabularul științific specific domeniului, în vederea comunicării eficiente, în scris și oral.</li><li>-<b>Comunicare orală și în scris într-o limbă străină</b> (engleză): demonstrează înțelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.</li></ul>
-----------	--



<b>Transversale (generale)</b>	<p><b>Autonomie și gândire critică:</b> abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, precum și de a desprinde și prezenta concluzii / identifica soluții.</p> <p><b>Capacitate de analiză și sinteză:</b> prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică:</b> în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p><b>Pune în practică elemente de inteligență emoțională</b> în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața reală/academică/profesională, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</p>
--------------------------------	--

**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 exemplurilor 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.)

<b>Cunoștințe</b>	<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 factice.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Enumeră cele mai importante instrumente și tehnici din domeniul neuroinformaticii (machine learning) ca și cele mai populare și eficiente medii de programare și este capabil să utilizeze aceste cunoștințe specifice pentru implementarea unei aplicații.</li><li>- Cunoaște terminologia utilizată și definește noțiuni specifice</li><li>- Descrie și explică noțiuni, concepte și metode științifice moderne aplicare în diferite clase de probleme specifice domeniului</li><li>- Evidențiază și analizează consecințele modului de achiziție și de analiză a datelor avute la dispoziție asupra calității rezultatelor diverselor metode studiate</li></ul>
<b>Aptitudini</b>	<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"><li>-Demonstrează capacitate de utilizare adecvată a noțiunilor specifice disciplinei pentru rezolvarea unei teme specifice</li><li>-Verifică experimental soluții identificate.</li><li>-Rezolvă aplicații practice prin utilizarea sistemelor deja existente și/sau prin dezvoltarea de module software cu contribuții proprii.</li><li>-Identifică soluții și elaborează planuri de rezolvare pe baza instrumentelor pe care le are la dispoziție în cadrul sistemelor studiate.</li><li>-Interpretează adecvat relații de cauzalitate, demonstrând capacitate de analiză și interpretare a diverselor scenarii posibile.</li><li>-Argumentează soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</li></ul>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p>Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</p> <p>Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p>Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.</p> <p>Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</p> <p>Demonstrează autonomie în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat</p> <p>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</p> <p>Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</p> <p>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător</p>
--	--

**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.*)

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite articole științifice și 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 evidențierea elementelor specifice care pot fi explorate în 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. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Introducere în neuroinformatică: Motivația și obiectivele NA; Domenii de aplicabilitate; Modelul general al unui sist. neuroinformatic; Paradigme neuroinformatică de actualitate în 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 aplicații cu exemplificare în recunoașterea simbolurilor grafice; Evaluarea performanței, funcții cost; Suprafața erorii, algoritmi de antrenare. Validarea încrucișată, generalizare și memorizare. Structura și numărul de parametri ai unui sistem neural; Structuri specifice: unidirecționale, cu competiție, recurente; Linear și neliniar separabilitate; Capacitate de reprezentare funcțională, aprox. funct. universali; Modalități de creștere a capacității de reprezentare funcțională; Paradigme pentru transferul de cunoștințe: a) neural vs. fuzzy; b) supervizat, c) nesupervizat și d) "reinforcement" (învățare prin interacțiune); Implementarea principiilor de mai sus în Keras/Tensorflow cu exemplificări.	6
3	Neuroinformatica în aplicații: Clasificare, regresie, modelare, predicție, vizualizarea datelor. Rolul extractorului de trăsături; Pași specifici în proiectare; Exemple comentate și studii de caz	2
4	Structuri cu propagare unidirecțională (feed-forward) de tip kernel-networks: Neuroni liniar adaptivi (Adaline); Avantaje și dezavantaje; Antrenare incrementală (on-line) și pachet (batch). Algoritmi de gradient, LMS, varianta analitică și stohastică; SVM liniar. Expandori neliniari și funcții nucleu; Modele consacrate de rețele neurale cu funcții nucleu: SVM, RBF, Extreme Learning Machine (ELM), Fuzzy-perceptroni, sisteme Neuro Fuzzy mai complexe. Aplicații specifice; Convoluția ca funcție nucleu.	6
5	Structuri cu propagare unidirecțională multi-strat: Perceptroni multistrat, auto-encodere, structuri „deep learning”. Prezentarea principalelor modele „deep learning” și 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”. Aplicații specifice: proiecția neliniară în spații de dimensiune redusă, etc.	4
6	Structuri neuronale cu strat competitiv și recurente : Aspecte privind competiția în rețele neuronale – aplicații în cuantizarea vectorială; Algoritmii Kohonen de tip VQ, LVQ și SOM, aplicații și probleme specifice. Metode adaptive pentru reducerea dimensionalității (PCA), algoritmi GHA și APEX, kernel-PCA; Auto-encodere. Sisteme recurente: Rețele de tip Echo State Networks (ESN), LSTM, „transformers” aplicații în predicție și prelucrarea limbajului natural. Rețele celulare neliniare CNN, aplicații în „smart sensing”.	6
7	Considerente privind integrarea aplicațiilor neuroinformatiche: Platforme sw. moderne „deep learning” (Keras/Tf, Pytorch, JAX, etc.); Accelerare prin utilizarea GPU și TPU; Accelerare prin utilizarea FPGA; Accelerare prin evitarea operatorilor computațional intensivi; Studii de caz: neuronul cu imbricare multiplă; arhitectura simplicială cu varianta SORT; Aspecte specifice privind integrarea în platforme Tiny-ML.	2
	<b>Total:</b>	28



**Bibliografie:**

- [1] DOGARU Radu, Neuroinformtică aplicată (NA), suport de curs electronic, <https://curs.upb.ro/2023/course/view.php?id=9629>
- [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

**SEMINAR**

Nr. crt.	Conținutul	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 computațională (la implementare), influenta tipurilor de neuroni și a cuantizării ponderilor sinaptice.	2
2	Realizarea unei baze de date proprii specifice unei aplicații (recunoașterea simbolurilor grafice), evaluarea performantei și 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 obținerea unor modele cu eficiență de integrare în FPGA.	2
4	Structuri și modele neuronale “deep-learning”, studiu comparativ al diferitelor modele (NL-CNN, V-CNN, MobileNet, ResNet etc.) și posibilitatea de a automatiza selecția modelului (cu ajutorul bibliotecii AutoKeras).	2
5	Clasificatorul FSVC (fast support vector classifier), probleme specifice rețelelor cu funcții baza radiala, optimizarea razei și alegerea optimală a tipului de funcție RBF și a tipului de distantă. Comparatie cu SVM și ELM pentru seturile de date standard.	2
6	Metode adaptive pentru cuantizare vectorială și clustering (algoritmi LVQ, k-NN, ŞOM). Aplicații specifice (etichetarea datelor, compresii) Metode liniar adaptive de proiecție 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
	<b>Total:</b>	14

**PROIECT**

Nr. crt.	Conținutul	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
	<b>Total:</b>	14

**Bibliografie:**

- 1.DOGARU Radu, Neuroinformatica Aplicata (NA), suport de curs electronic, <https://curs.upb.ro/2023/course/view.php?id=9629>
- 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](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	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale; Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice de programare; Analiza diferențială a modelelor neuronale și instrumentelor software de antrenare și „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	30%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Existența unei aplicații funcționale de modelare și simulare pe o temă aleasă de student din tematica disciplinei care să dovedească capacitatea de a folosi instrumentele și tehnologiile discutate pentru o problemă practică și de a expune rezultatele în formatul sistematic acceptat de comunitatea științifică.	Referat sub forma unui articol științific care se va evalua inclusiv prin interacțiunea cu studentul.	70%
11.6 Condiții de promovare			
Conform regulamentului ETTI: Obținerea a 50% din punctajul total.			

**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)**



Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

Facultatea de Electronică, Telecomunicații și  
Tehnologia Informației



Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme privind realizarea unor aplicații eficiente de „machine learning” (AI) specifice diversității de situații întâlnite în practica activității 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 universități 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 situații practice cu care se poate confrunța în viața reală în scopul creșterii contribuției acestuia la îmbunătățirea mediului socio-economic

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

Prof. Dr. Radu DOGARU

Prof. Dr. Radu DOGARU

conf.dr.ing. Ioana DOGARU

Data avizării în departament

Director de departament

29.10.2024

Conf. Dr. Bogdan Cristian FLOREA

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

25.10.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea