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	Licenţă
1.6 Specializarea	Electronică aplicată

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Inteligenţă computaţională integrată			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. Dr. Radu DOGARU			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Prof. Dr. Radu DOGARU			
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	2	2.6. Tipul de evaluare	V	2.7 Regimul disciplinei	Op
2.8 Tipul disciplinei		S	2.9 Codul disciplinei	04.S.08.A.116		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					15
Tutorat					10
Examinări					8
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	33.00
3.8 Total ore pe semestru	75
3.9 Numărul de credite	3

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcurgerea următoarelor discipline: Algoritmi si structuri de date ; Circuite integrate digitale
4.2 de rezultate ale învăţării	Acumularea următoarelor cunoştinţe: cunoştinţe generale din domeniul recunoasterii formelor, al circuitelor si sistemelor digitale precum şi programare.

5. Condiţii necesare pentru desfăşurarea optimă a activităţilor didactice (acolo unde este cazul)

5.1 Curs	Sala cu videoproiector, acces la platformele Moodle si Teams
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	Laboratorul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică (platforme de calcul tip PC cu aplicatii specifice instalate (browser + Google Colaboratory, acces la platformele Moodle si Teams)

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 se studiază în cadrul domeniului CTI /specializării INF şi îşi propune să familiarizeze studenţii cu principalele abordări, modele şi teorii explicative ale domeniului, utilizate în rezolvarea de aplicaţii practice şi probleme, cu relevanţă pentru stimularea procesului de învăţare la studenţi.
Disciplina abordează ca tematică specifică următoarele noţiuni de bază/avansate, concepte şi principii specifice, toate acestea contribuind la transmiterea/formarea către/la studenţi a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice şi procedurale aferente domeniului:
Sunt prezentate metodele si tehnicile specifice inteligentei computaţionale din perspectiva integrarii acestora in sisteme dedicate unor aplicatii specifice. Se insista pe analiza comparativa a unei multitudini de solutii si pe criteriile de selectie a solutiei adecvate integrarii intr-o tehnologie. Pe langa tehnologiile software (care presupun un calculator de uz general sau lucrul in „cloud") sunt discutate aspecte specifice integrarii in tehnologii specializate (platforme mobile de calcul, sisteme inglobate, FPGA, GPU, etc). Se prezinta o serie de studii de caz pentru alegereaa unei tehnologii de integrare software sau hardware care sa optimizeze atât performantele specifice (acuratete, eroare de recunoastere etc.) cat si eficienta computaţionala, accentul fiind pus pe alegerea solutiei care asigura cea mai redusa complexitate de integrare; Aplicaţiile familiarizează studenţii cu aspecte specifice modelarii si simularii sistemelor cu inteligenta computaţionala (se utilizează in acest sens mediile „cloud" Google COLAB sau Kaggle accesibile oricarui student). Se considera o serie de studii de caz, de ex. rezolvarea unei aplicatii (recunoastere de caractere) urmarindu-se toate etapele specifice inclusiv exemplificarea metodelor si instrumentelor specifice integrarii in platforme computationale diverse.

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 CTI: - Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele şi instrumentaţia electronică. - Aplicarea, în situaţii tipice, a metodelor de bază de prelucrare a semnalelor electrice şi neelectrice; implementarea unor proceduri de complexitate medie pe procesoarele de semnal. - Înţelegerea şi utilizarea conceptelor fundamentale din domeniul comunicaţiilor şi transmisiunii informaţiei. - Aplicarea cunoştinţelor, conceptelor şi metodelor fundamentale privitoare la arhitectura sistemelor de calcul, microcontrolere, limbaje şi tehnici de programare. - Proiectarea şi utilizarea sistemelor de calcul şi a reţelelor de calculatoare. - Prelucrarea avansată a informaţiei: recunoaşterea formelor, analiza şi prelucrarea imaginilor şi a semnalului vocal, inteligenţa computaţională.

Transversale (generale)	- Capacitatea de a lua decizii în vederea rezolvării problemelor curente, sau imprevizibile, care apar în procesul de exploatare a sistemelor de calcul. - Capacitatea de a asigura planificarea şi managementul proiectelor din domeniul ingineriei informaţiei. - Capacitatea de a se informa şi documenta permanent pentru dezvoltarea personală şi profesională prin citirea literaturii de specialitate. - Capacitatea de a comunica şi de a prezenta conţinut tehnic atât în limba română, cât şi în limba engleză. - Flexibilitate în utilizarea de noi sisteme şi tehnologii în cadrul unei echipe în care membrii împreună ating un obiectiv bine definit, asumând în acelaşi timp roluri sau sarcini diferite.

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 etape care au marcat dezvoltarea domeniului. **Defineşte** noţiuni specifice domeniului. **Descrie/clasifică** noţiuni/procese/fenomene/structuri. **Evidenţiază consecinţe şi relaţii.**
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).* Exemplu: **Selectează** şi grupează informaţii relevante într-un context dat. **Utilizează argumentat principii specifice în vederea** dezvoltarii aplicatiilor de inteligenta computationala integrata. **Verifică experimental soluţii identificate.** **Rezolvă** aplicaţii practice. **Interpretează** adecvat relaţii de cauzalitate. **Analizează şi compară** diferiti algoritmi ai inteligentei computationale. **Identifică soluţii** şi elaborează planuri de rezolvare/proiecte. **Formulează** concluzii la experimentele realizate. **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 învăţare. **Manifestă colaborare** cu ceilalţi colegi şi cadre didactice în desfăşurarea activităţilor didactice **Demonstrează autonomie** în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat **Manifestă responsabilitate socială** prin implicarea activă în viaţa socială studenţească/implicare în evenimentele din comunitatea academică **Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate** pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale. **Conştientizează valoarea contribuţiei sale în domeniul ingineriei** la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viaţa socială şi economică (responsabilitate socială). **Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse** în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător. **Analizează şi valorifică oportunităţi de afaceri**/de dezvoltare antreprenorială în domeniul de specialitate. **Demonstrează** abilităţi de management al situațiilor din viaţa reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).

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.)*

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învăţare ale studenţilor şi de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expozitive (prelegerea, expunerea), cât şi conversative-interactive, bazate pe modele de învăţare prin descoperire facilitate de explorarea directa şi indirectă a realităţii (experimentul, demonstraţia, modelarea), dar şi pe metode bazate pe acţiune, precum exerciţiul, activităţile practice şi rezolvarea de probleme.
În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite filmuleţe care vor fi puse la dispoziţia studenţilor. Fiecare curs va debuta cu recapitularea capitolelor deja parcurse, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs.
Prezentările utilizează imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie uşor de înţeles şi asimilat.
Acestă disciplină acoperă informaţii şi activităţi practice menite să-i sprijine pe studenţi în eforturile de învăţare şi de dezvoltare a unor relaţii optime de colaborare şi comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Se va avea în vedere exersarea abilităţilor de ascultare activă şi de comunicare asertivă, precum şi a mecanismelor de construcţie a feedback-ului, ca modalităţi de reglare comportamentală în situaţii diverse şi de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învăţare ale studenţilor.
Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învăţare.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	Model general al unui sistem inteligent: a) structura si parametri, b) transfer de cunostinte; c) interactiunea cu mediul; d) criterii de performanta;	2

2	Principii in proiectarea unui sistem inteligent: Alegerea nr. de parametri si a structurii unui sistem inteligent; Paradigme pentru transferul de cunostinte: a) neural vs. fuzzy; b) supervizat, c) nesupervizat si d) "reinforcement" (invatare prin interactiune); Aplicatii specifice: clasificare, regresie, predictie, filtrare, modelare, robotica etc. Evaluarea performantelor unui sistem inteligent; Prezentarea platformelor „cloud” Google Colab si Kaggle si a pachetelor Keras respectiv SciKit-learn pentru integrarea sistemelor inteligente	6
3	Structuri specifice: a) feed-forward - model general "kernel-networks"; autoencoderi; PCA liniar si neliniar, sistemul neuro-fuzzy ca un caz particular de retea cu functii nucleu; b) recurente: retele celular neliniare; memorii asociative Hopfield, etc. ; c) cu strat competitiv, cuantizarea vectoriala adaptiv; d) Structuri „deep-learning” si de tip convolutional. Construirea si antrenarea modelelor asociate sistemelor inteligente in Keras si SciKit-Learn	4
4	Transfer de cunostinte: a) antrenarea supervizata ca problema de optimizare, strategia validarii incrucisate, metode avansate pentru antrenare: "Swarm intelligence"; b) principiul vectorilor suport, antrenarea in sisteme cu vectori suport (SVM); c) antrenarea in sisteme cu strat competitiv (LVQ, PCA, etc.); d) Invatare prin interactiune (reinforcement learning). Prezentarea comparativa a metodelor de optimizare folosite in antrenare in pachetele Keras si SciKit-learn.	4
5	Integrarea sistemelor inteligente: Medii de integrare: PC, system on chip, tablete, procesoare GPU, limbaje de programare si metode de dezvoltare specifice; Integrarea sistemelor inteligente in medii analogice sau mixte; Considerente privind arhitectura si programarea structurilor reconfigurabile de tip FPGA; Considerente privind utilizarea platformelor „cloud” pentru integrarea sistemelor inteligente. Sisteme hardware avansate pentru integrarea solutiilor de inteligenta computationala.	4
6	Sisteme inteligente optimizate pentru integrare hardware eficienta (studii de caz): Fuzzy perceptroni, Sisteme FSVC (cu selectie rapida a vectorilor suport); Retele de tip „extreme learning machine” ; Neuronul cu imbricare multipla; Arhitectura simpliciala; Arhitectura SORT si derivate; Sisteme de inferenta fuzzy si neuro-fuzzy (tip I, II si III),	6
7	Sisteme inteligente complexe: Harti cognitive, aplicatii in modelare; Retele recurente LSTM in contextul „deep learning”	2
	Total:	28

Bibliografie:

1. Titular de disciplină: DOGARU Radu, Inteligenta Computationala Integrata, suport de curs electronic, link-ul cursului din Moodle: https://curs.upb.ro/2023/course/view.php?id=10743
2. R. Dogaru, Sisteme inteligente integrate, Ed. Printech Bucuresti, - 1998, 212 pp., ISBN-973-9402-44-5.
3. R. Dogaru, O. Grigore, Sisteme neuro-fuzzy, implementari informatice si aplicatii, Ed. Printech 1999, ISBN 973-9475-51-5.
4. F. Millstein, „Deep Learning with Keras: Beginner's Guide to Deep Learning with Keras”, CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018.
5. https://cs231n.github.io/ ; Retele neuronale convolutionale cu aplicatii in recunoasterea imaginilor (un curs "la zi" de la Stanford), 2022
6. https://www.ibm.com/downloads/cas/GB8ZMQZ3 ; Judith Hurwitz and Daniel Kirsch, "Machine Learning For Dummies", IBM Limited Edition, 2018
7. https://developers.google.com/machine-learning/crash-course Google's Machine Learning crash course (aici puteti regasi detaliate multe concepte de interes + exemple), 2022
8. Alte resurse bibliografice actualizate anual in pagina Moodle a cursului..

LABORATOR		
Nr. crt.	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	Suport software pentru un senzor inteligent integrat: Partea I: a) achiziţia, segmentarea şi organizarea datelor. Parametri critici şi influenţa acestora, extragere de trasaturi cu automate celulare, construirea bazei de date in forma canonica.	2
2	Suport software pentru un senzor inteligent integrat: Partea II: : Clasificatoare ELM şi SVM, evaluarea şi optimizarea performanţei.	2
3	Implementari neuronale utilizand KERAS – alegerea si optimizarea parametrilor de antrenare, utilizarea acceleratoarelor GPU/TPU, efecte ale expandarii neliniare cu parametru generic.	2
4	Optimizarea unei structuri neuronale Keras pentru realizari integrate (cu accent pe structurile de tip convolutional):	2
5	Sisteme de tip ELM (extreme learning machine) cu adaugare de straturi convolutionale binare – si transfer (integrare) in platforme FPGA.	2
6	Sisteme cu antrenare rapida FSVC (fast support vector classifier) – pentru integrare in platforme „embbeded”; Optimizari privind complexitatea de integrare si performantele. Alegerea structurii optime pentru o aplicatie data.	2
7	Recuperari si consultatii	2
	Total:	14

Bibliografie:

1Titular de disciplină: DOGARU Radu, Inteligenta Computationala Integrata, suport de curs electronic, link-ul cursului din Moodle.

.Radu DOGARU, Ghid pentru lucrarile de laborator L1-L6. Documente PDF si cod (Jupyter notebooks) sunt disponibile in pagina Moodle a disciplinei (link la referinta 1) .

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	Verificare 1 prin test grila (quiz)	40%
	cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice	Verificare 2 prin test grila (quiz)	20%
	analiza diferenţială a tehnicilor şi metodelor teoretice	Subiecte construite astfel incat sa se evidentieze maniera in care studentul intelege sa interpreteze cunostintele dobandite pentru un cadru problematic aplicativ.	Total curs v1+v2=60%

11.5 Seminar/laborator/proiect	cunoaşterea modului de proiectare a unui algoritm din domeniul inteligentei computationale pentru rezolvarea unei probleme date (alegere si optimizare parametri);	Pentru fiecare lucrare de laborator, urmare a experimentelor si discutiilor se propune o tema de casa studentilor	4%
	cunoaşterea modului de transpunere în cod Python (rulabil pe platforma Goole Colab) si de executie (rulare) a unui algoritm de inteligenta computationala;	Evaluare temei de casa se face cu un punctaj de max. 6 puncte pentru fiecare lucrare de laborator	36%
	evaluarea comparativa a performantelor unor algoritmi prin utilizarea unor seturi standard de baze de date	Suma punctajelor obtinute la lucrarile de laborator	Total lab. 40%
11.6 Condiţii de promovare			
Conform regulamentului ETTI: Obţinerea a 50% din punctajul total si promovarea laboratorului (min 20 puncte); Disciplina cu verificare pe parcurs - evaluare din 100% din verificari pe parcurs).			

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)

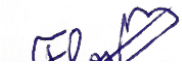
Aplicatiile in care sunt integrate solutii de inteligenta computationala (sisteme integrate pentru recunoasterea de voce si imagini, big data, data mining, senzori inteligenti pentru supraveghere si asistenta, predictie, jocuri interactive, etc.) au o piata matura, care in ultimii ani se dezvolta simultan cu evolutia spectaculoasa a platformelor de calcul cu facilitati de comunicare (tablete, smart-phone), retele de senzori pentru diferite aplicatii, sisteme autonome portabile bazate pe sisteme FPGA sau microcontrollere, procesoare grafice multi-nucleu (GPU) accesibile utilizatorului, platforme „cloud” inclusiv cu suport hardware specializat. Programa cursului răspunde concret acestor cerinţe actuale de dezvoltare şi evoluţie, subscrise economiei europene a serviciilor din domeniul Calculatoare şii Tehnologia Informaţiei (CTI). Se asigură astfel absolvenţilor competenţe adecvate cu necesităţile calificărilor actuale si o pregătire ştiinţifică şi tehnică moderne, de calitate şi competitive,care să le permită angajarea rapidă după absolvire, fiind perfect încadrat în politica Universităţii Politehnica din Bucureşti, atât din punctul de vedere al conţinutului şi structurii, cât şi din punctul de vedere al aptitudinilor şi deschiderii internaţionale oferite studenţilor.
•Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme și de a propune idei de îmbunătățire a situației existenței în domeniul si ramura industrială a tehnologiilor informationale.
•În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere cunoștințe / aspecte / fenomene descrise de literatura de specialitate dar si cercetările proprii publicate / prezentate.
•Cursul are un conținut similar cursurilor desfășurate de universitatea TU-Berlin din Germania dar si din alte universitati sau medii online (ex: Coursera, Udemy etc.) .

Data completării Titular de curs Titular(i) de aplicaţii

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

21.09.2026 Prof. Dr. Radu DOGARU  Prof. Dr. Radu DOGARU 

Data avizării în departament Director de departament

22.09.2026 Conf. Dr. Bogdan Cristian Florea 

Data aprobării în Consiliul Facultăţii Decan

22.09.2026 Prof. Dr. Mihnea Udrea 