



### 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	Calculatoare și Tehnologia Informației
1.5 Ciclul de studii	Licență
1.6 Specializarea	Ingineria Informației

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)		Inteligență computațională integrată					
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					
2.4 Anul de studiu	4	2.5 Semestrul	II	2.6 Tipul de evaluare	V	2.7 Regimul disciplinei	Op
2.8 Tipul disciplinei	S	2.9 Codul disciplinei	04.S.08.A.016	2.10 Tipul de notare	Nota		

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	3	Din care: 3.2 curs	2.00	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învățământ	42.00	Din care: 3.5 curs	28	3.6 seminar/laborator	14
Distribuția fondului de timp:					ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					15
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					10
Examinări					8
Alte activități (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. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcursarea următoarelor discipline: Algoritmi si structuri de date ; Circuite integrate digitale
4.2 de rezultate ale învățării	Acumularea următoarelor cunoștințe: cunoștințe generale din domeniul recunoasterii formelor, al circuitelor si sistemelor digitale precum și programare.

#### 5. Condiții necesare pentru desfășurarea optimă a activităților 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 desfășura într-o sală cu dotare specifică (platforme de calcul tip PC cu aplicații specifice instalate (browser + Google Colaboratory, acces la platformele Moodle si Teams)

**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 se studiază în cadrul domeniului CTI /specializării INF și își propune să familiarizeze studenții cu principalele abordări, modele și teorii explicative ale domeniului, utilizate în rezolvarea de aplicații practice și probleme, cu relevanță pentru stimularea procesului de învățare la studenți.

Disciplina abordează ca tematică specifică următoarele noțiuni de bază/avansate, concepte și principii specifice, toate acestea contribuind la transmiterea/formarea către/la studenți a unei viziuni de ansamblu asupra reperelor metodologice și procedurale aferente domeniului:

Sunt prezentate metodele și tehnicile specifice inteligenței computaționale din perspectiva integrării acestora în sisteme dedicate unor aplicații specifice. Se insistă pe analiza comparativă a unei multitudini de soluții și pe criteriile de selecție a soluției adecvate integrării într-o tehnologie. Pe lângă tehnologiile software (care presupun un calculator de uz general sau lucrul în „cloud”) sunt discutate aspecte specifice integrării în tehnologii specializate (platforme mobile de calcul, sisteme înglobate, FPGA, GPU, etc). Se prezintă o serie de studii de caz pentru alegerea unei tehnologii de integrare software sau hardware care să optimizeze atât performanțele specifice (acuratete, eroare de recunoaștere etc.) cât și eficiența computațională, accentul fiind pus pe alegerea soluției care asigură cea mai redusă complexitate de integrare; Aplicațiile familiarizează studenții cu aspecte specifice modelării și simulării sistemelor cu inteligența computațională (se utilizează în acest sens mediile „cloud” Google COLAB sau Kaggle accesibile oricărui student). Se consideră o serie de studii de caz, de ex. rezolvarea unei aplicații (recunoaștere de caractere) urmărindu-se toate etapele specifice inclusiv exemplificarea metodelor și instrumentelor specifice integrării în platforme computaționale diverse.

**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.)*

<b>Specifice</b>	<b>Demonstrează că deține</b> cunoștințe de bază/avansate în domeniul CTI: - Utilizarea elementelor fundamentale referitoare la dispozitivele, circuitele și instrumentația electronică. - Aplicarea, în situații tipice, a metodelor de bază de prelucrare a semnalelor electrice și neelectrice; implementarea unor proceduri de complexitate medie pe procesoarele de semnal. - Înțelegerea și utilizarea conceptelor fundamentale din domeniul comunicațiilor și transmisiunii informației. - Aplicarea cunoștințelor, conceptelor și metodelor fundamentale privitoare la arhitectura sistemelor de calcul, microcontrolere, limbaje și tehnici de programare. - Proiectarea și utilizarea sistemelor de calcul și a rețelelor de calculatoare. - Prelucrarea avansată a informației: recunoașterea formelor, analiza și prelucrarea imaginilor și a semnalului vocal, inteligența computațională.
------------------	---



<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Capacitatea de a lua decizii în vederea rezolvării problemelor curente, sau imprevizibile, care apar în procesul de exploatare a sistemelor de calcul.</li><li>- Capacitatea de a asigura planificarea și managementul proiectelor din domeniul ingineriei informației.</li><li>- Capacitatea de a se informa și documenta permanent pentru dezvoltarea personală și profesională prin citirea literaturii de specialitate.</li><li>- Capacitatea de a comunica și de a prezenta conținut tehnic atât în limba română, cât și în limba engleză.</li><li>- Flexibilitate în utilizarea de noi sisteme și tehnologii în cadrul unei echipe în care membrii împreună ating un obiectiv bine definit, asumând în același timp roluri sau sarcini diferite.</li></ul>
--------------------------------	--

**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.)

<b>Cunoștințe</b>	<p>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.</p> <p><b>Enumeră</b> cele mai importante etape care au marcat dezvoltarea domeniului.</p> <p><b>Definește</b> noțiuni specifice domeniului.</p> <p><b>Describe/clasifică</b> noțiuni/procese/fenomene/structuri.</p> <p><b>Evidențiază consecințe și relații.</b></p>
<b>Aptitudini</b>	<p>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).</p> <p>Exemplu:</p> <p><b>Selectează</b> și grupează informații relevante într-un context dat.</p> <p><b>Utilizează argumentat principii specifice în vederea</b> dezvoltării aplicațiilor de inteligență computațională integrată.</p> <p><b>Verifică experimental soluții identificate.</b></p> <p><b>Rezolvă</b> aplicații practice.</p> <p><b>Interpretează</b> adecvat relații de cauzalitate.</p> <p><b>Analizează și compară</b> diferiți algoritmi ai inteligenței computaționale.</p> <p><b>Identifică soluții</b> și elaborează planuri de rezolvare/proiecte.</p> <p><b>Formulează</b> concluzii la experimentele realizate.</p> <p><b>Argumentează</b> soluțiile identificate/modurile de rezolvare.</p>



<b>Responsabilitate și autonomie</b>	<p><i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale.</i></p> <p><b>Selectează</b> surse bibliografice potrivite și le analizează.</p> <p><b>Respectă principiile de etică academică</b>, citând corect sursele bibliografice utilizate.</p> <p><b>Demonstrează receptivitate</b> pentru contexte noi de învățare.</p> <p><b>Manifestă colaborare</b> cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice</p> <p><b>Demonstrează autonomie</b> în organizarea situației/contextului de învățare sau a situației problemă de rezolvat</p> <p><b>Manifestă responsabilitate socială</b> prin implicarea activă în viața socială studentescă/implicare în evenimentele din comunitatea academică</p> <p><b>Promovează/contribuie prin soluții noi, aferente domeniului de specialitate</b> pentru a îmbunătăți calitatea vieții sociale.</p> <p><b>Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei</b> la identificarea de soluții viabile/sustenabile care să rezolve probleme din viața socială și economică (responsabilitate socială).</p> <p><b>Aplică principii de etică/deontologie profesională în analiza impactului tehnologic al soluțiilor propuse</b> în domeniul de specialitate asupra mediului înconjurător.</p> <p><b>Analizează și valorifică oportunități de afaceri/de dezvoltare antreprenorială</b> în domeniul de specialitate.</p> <p><b>Demonstrează</b> abilități de management al situațiilor din viața reală (gestionarea timpului colaborare vs. conflict).</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 rămânări în urmă și ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.*)

Pornindu-se de analiza caracteristicilor de învățare ale studenților și de la nevoile lor specifice, procesul de predare va explora metode de predare atât expositive (prelegerea, expunerea), cât și conversative-interactive, bazate pe modele de învățare prin descoperire facilitate de explorarea directă și indirectă a realității (experimentul, demonstrația, modelarea), dar și pe metode bazate pe acțiune, precum exercițiul, activitățile practice și rezolvarea de probleme.

În activitatea de predare vor fi utilizate prelegeri, în baza unor prezentări Power Point sau diferite 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 utilizează imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie ușor de înțeles și asimilat. Această disciplină acoperă informații și activități practice menite să-i sprijine pe studenți în eforturile de învățare și de dezvoltare a unor relații optime de colaborare și comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Se va avea în vedere exersarea abilităților de ascultare activă și de comunicare asertivă, precum și a mecanismelor de construcție a feedback-ului, ca modalități de reglare comportamentală în situații diverse și de adaptare a demersului pedagogic la nevoile de învățare ale studenților.

Se va exersa abilitatea de lucru în echipă pentru rezolvarea diferitelor sarcini de învățare.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	Model general al unui sistem inteligent: a) structura și parametri, b) transfer de cunoștințe; c) interacțiunea cu mediul; d) criterii de performanță;	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"; autoencodere; 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); Rețele 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; Rețele recurente LSTM in contextul „deep learning”	2
	<b>Total:</b>	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/> ; Rețele 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.	Conținutul	Nr. ore
1	Suport software pentru un senzor inteligent integrat: Partea I: a) achiziția, segmentarea și organizarea datelor. Parametri critici și influența 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 și SVM, evaluarea și optimizarea performanței.	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 „embedded”; Optimizari privind complexitatea de integrare si performantele. Alegerea structurii optime pentru o aplicatie data.	2
7	Recuperari si consultatii	2
	<b>Total:</b>	14

**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>

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	cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale	Verificare 1 prin test grila (quiz)	40%
	cunoașterea modului de aplicare a teoriei la probleme specifice	Verificare 2 prin test grila (quiz)	20%
	analiza diferențială a tehnicilor și 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	cunoașterea modului de proiectare a unui algoritm din domeniul inteligenței computaționale pentru rezolvarea unei probleme date (alegere și optimizare parametri);	Pentru fiecare lucrare de laborator, urmare a experimentelor și discuțiilor se propune o temă de casă studentilor	4%
	cunoașterea modului de transpunere în cod Python (rulabil pe platforma Google Colab) și de execuție (rulare) a unui algoritm de inteligență computațională;	Evaluare temei de casă se face cu un punctaj de max. 6 puncte pentru fiecare lucrare de laborator	36%
	evaluarea comparativă a performanțelor unor algoritmi prin utilizarea unor seturi standard de baze de date	Suma punctajelor obținute la lucrările de laborator	Total lab. 40%
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)

Aplicațiile în care sunt integrate soluții de inteligență computațională (sisteme integrate pentru recunoașterea de voce și imagini, big data, data mining, senzori inteligenți pentru supraveghere și asistență, predicție, jocuri interactive, etc.) au o piață matură, care în ultimii ani se dezvoltă simultan cu evoluția spectaculoasă a platformelor de calcul cu facilități de comunicare (tablete, smart-phone), rețele de senzori pentru diferite aplicații, sisteme autonome portabile bazate pe sisteme FPGA sau microcontrolere, procesoare grafice multi-nucleu (GPU) accesibile utilizatorului, platforme „cloud” inclusiv cu suport hardware specializat. Programul cursului răspunde concret acestor cerințe actuale de dezvoltare și evoluție, subscrise economiei europene a serviciilor din domeniul Calculatoare și Tehnologia Informației (CTI). 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, fiind perfect încadrat în politica Universității Politehnice din București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților.

- Prin activitățile desfășurate, studenții dezvoltă abilități de a oferi soluții unor probleme și de a propune idei de îmbunătățire a situației existentei în domeniul și ramura industrială a tehnologiilor informaționale.
- În dezvoltarea conținutului disciplinei s-au avut în vedere cunoștințe / aspecte / fenomene descrise de literatura de specialitate dar și cercetările proprii publicate / prezentate.
- Cursul are un conținut similar cursurilor desfășurate de universitatea TU-Berlin din Germania dar și din alte universități sau medii online (ex: Coursera, Udemy etc.).

Data completării

Titular de curs

Titular(i) de aplicații

30 09 2024

Prof. Dr. Radu DOGARU

Prof. Dr. Radu DOGARU



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



Data avizării în departament

Director de departament

16.10.2024

Conf. Dr. Bogdan Cristian FLOREA

Data aprobării în Consiliul Facultății

Decan

01.11.2024

Prof. Dr. Mihnea Udrea