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)				Sisteme de calcul de inspiraţie naturală			
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	1	2.5 Semestrul	II	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		F	2.9 Codul disciplinei	2		2.10 Tipul de notare	Nota

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	2.5	Din care: 3.2 curs	1.50	3.3 seminar/laborator	1
3.4 Total ore din planul de învăţământ	35.00	Din care: 3.5 curs	21	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					82
Tutorat					4
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	90.00
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 care trebuiesc rezolvate în condiţii de performanţă, productivitate şi portabilitate. În acest context, recent dezvoltatele metode de inspiraţie naturală îşi găsesc o serie de aplicaţii interesante în modelarea unor fenomene şi sisteme pe baza datelor observabile, predicţie de date, prelucrări masiv paralele de imagini, tehnici avansate de optimizare.
Disciplina familiarizează studenţii cu metodele şi tehnicile avansate de „natural computing” (tradus prin sisteme de calcul de inspiraţie naturală) cu relevanta într-o serie de aplicaţii ale ingineriei informaţiei (generare de semnale pseudoaleatoare, predicţie cu modelare neliniară, recunoaşterea şi clasificarea semnalelor prin metode din domeniul dinamicii neliniare, senzori inteligenţi, optimizare, modelarea unor sisteme complexe, etc). Sunt prezentate cele mai actuale paradigme de inspiraţie naturală precum şi o serie de exemple reprezentative (studii de caz). De asemenea se detaliază aspecte legate de implementarea eficientă a algoritmilor de inspiraţie naturală pe platforme computaţionale diverse (calculator personal, platformă mobilă de tip tableta, acceleratoare cu suport GPU, TPU sau FPGA).
Întrucât disciplina se preda la-un masterat de cercetare, aplicaţiile sunt concepute astfel încât studenţii să utilizeze modulele informatice care implementează diferiţi algoritmi de inspiraţie naturală pentru realizarea unui studiu complet (familiarizare cu algoritmul, definirea aplicaţiei, definirea şi optimizarea arhitecturii de inspiraţie naturală alese, 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 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	**Demonstrează că deţine** cunoştinţe de bază/avansate în domeniul identificarii unor metode si tehnologii eficiente din gama de metode cu inspiratie naturala, in contextul rezolvarii unei probleme practice specifice. **Corelează cunoştinţele** **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 şi corect contextul de aplicare a cunostinţelor de bază ale domeniului, utilizând concepte cheie ale disciplinei şi metodologia specifica. **Comunicare orală şi în scris în limba română:** utilizează vocabularul ştiinţific specific domeniului, în vederea comunicării eficace, în scris şi oral. **Comunicare orală şi în scris într-o limba străină (engleză):** demonstrează înţelegerea vocabularului aferent domeniului, într-o limbă străină.

Transversale (generale)	Autonomie și gândire critică: 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. **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 reală/academică/profesională, 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.)*

Cunoştinţe	*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.* Demonstrează capacitate de utilizare adecvată a noțiunilor specifice disciplinei pentru rezolvarea unei teme specifice Verifică experimental soluții identificate. Rezolvă aplicații practice prin utilizarea sistemelor deja existente și/sau prin dezvoltarea de module software cu contributii proprii. Identifică soluții și elaborează planuri de rezolvare pe baza instrumentelor pe care le are la dispoziție în cadrul sistemelor studiate. Interpretează adecvat relații de cauzalitate, demonstrând capacitate de analiză și interpretare a diverselor scenarii posibile. Argumentează soluțiile identificate/modurile de rezolvare.
Aptitudini	*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).* Demonstrează capacitate de utilizare adecvată a noțiunilor specifice disciplinei pentru rezolvarea unei teme specifice Verifică experimental soluții identificate. Rezolvă aplicații practice prin utilizarea sistemelor deja existente și/sau prin dezvoltarea de module software cu contributii proprii. Identifică soluții și elaborează planuri de rezolvare pe baza instrumentelor pe care le are la dispoziție în cadrul sistemelor studiate. Interpretează adecvat relații de cauzalitate, demonstrând capacitate de analiză și interpretare a diverselor scenarii posibile. Argumentează soluțiile 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	Privire de ansamblu "natural computing". Exemple de aplicaţii NC (modelare şi simulare sisteme complexe, senzori inteligenţi, predicţia seriilor temporale, algoritmi de optimizare performanţi, utilizarea semnalelor complexe - haotice în probleme de telecomunicaţii).	1

2	Partea I.1. Sisteme dinamice neliniare : Motivaţia şi istoricul studiului sistemelor neliniare dinamice: prezentarea generală a aplicaţiilor specifice - generare secvenţe pseudoaleatoare, predicţie, filtrare neliniară, modelarea unor sisteme etc.. ; Concepte fundamentale: sistem dinamic, variabile de stare, soluţii, timp discret şi continuu, diagrame de bifurcaţie, considerente de modelare şi simulare în platforme computaţionale diverse, modele sincrone şi asincrone. ; Traiectorii, orbite, atractori, bazine de atracţie, teorema Takens, modelare cu reţele neurale recurente; Comportamente dinamice neliniare: echilibru, oscilaţii periodice, oscilaţii complexe (haotice). Prezentarea unor aplicaţii. ; Metode pentru estimarea dimensiunii spaţiului de reconstrucţie, conexiuni cu teoria algoritmică a informaţiei, aplicaţii în identificarea şi modelarea neliniară. Exponenţi Lyapunov, modalităţi practice de calcul; Teoreme de analiză a dinamicii în jurul echilibrelor, circuite analogice cu dinamica complexă; Fenomene emergente: Sincronizarea şi controlul sistemelor cu dinamica complexă. Aplicaţii (articole comentate); Modelarea neurală a sistemelor dinamice neliniare, aplicaţii. Memorii asociative – bazate pe relaxare (simulator mem. Hopfield + teoria aici) şi pe fenomene haotice (model Freeman). Principiul "reservoir computing", reţele neurale cu ecouri (ESN) aplicaţii specifice în identificarea şi clasificarea seriilor temporale.	6
3	Partea I.2) sisteme celular neliniare (CNN); Principii şi probleme fundamentale, aplicaţii. Topologii, vecinătăţi. Dinamica în timp continuu şi discret, clasificări (automate celulare, reţele celular neliniare, reţele de tip „small-worlds”, o trecere în revistă a principalelelo modele utilizate). Prezentarea aplicaţiilor specifice: modelare şi simulare în diferite domenii, prelucrări de imagini, senzori inteligenţi, alte aplicaţii. - Automate celulare, taxonomii celulă, definirea şi implementarea celulelor, gena asociată unei celule, relaţia între gena şi comportamentul dinamic al automatului celular; Descriptori de complexitate pentru automate celulare ("transient length", "clustering", "growth exponent") ;Caracterizarea fenomenelor dinamice în automate celulare (metoda Chua vs. metoda Wolfram); Universalitate computaţională în automate celulare; Aplicaţii ale automatelor celulare în criptografie şi în modelare. - Reţele celular neuronale (CNN). Modelul CNN standard -implementari că senzor inteligent, aplicaţii specifice. Teoreme fundamentale CNN, condiţii de stabilitate, proiectarea genei (şablon conectare cu vecinii) în sistemele CNN. Aplicaţii în prelucrări de imagini, prezentarea bibliotecii cu gene predefinte pentru prelucrări elementare de imagini. - Emergenta computaţională - metode pentru identificarea fenomenelor emergente: a) În sisteme reactie-difuzie (teoria activităţii locale); b) În automate celulare binare - metoda propagării incertitudinii. Soluţii şi probleme specifice privind implementare automatelor şi reţelelor celular neliniare: Software, FPGA, GPU etc.	6
4	Partea II - algoritmi de optimizare de inspiraţie naturală: Principii generale ale agloritmilor de optimizare, teorema "no free lunch", Algoritmi de gradient. Probleme "benchmark" (pentru evaluarea şi compararea algoritmilor), criterii în compararea algoritmilor de oprimizare. Metode de inspirtaie naturală de tip "single agent" : Simulated annealing (SA), Alopex, Nonlinear Simplex etc. Aplicaţii. Metode multi-agent. Metode "swarm intelligence"; Sisteme de tip "ANT Colonies" (ACO) , Sisteme autoimune (AIS), alte tipuri de sisteme de insp. naturală	6

5	Partea III - reţele neliniare complexe, modelarea sistemelor complexe. Topologii şi modele de reţele de interconectare, sisteme "Small Worlds", modelare cu logica fuzzy, hărţi cognitive (FCM), aplicaţii; Viaţa artificială, autopoiesis; Alte concepte de inspiraţie naturală: P-systems, membrane computing, Monte-Carlo Tree Search; Descriptori pentru analiza şi modelarea sistemelor complexe, Medii software pentru modelare şi simulare (de ex. Netlogo).	2
	Total:	21

Bibliografie:

1. DOGARU Radu, Sisteme de calcul de inspiratie naturala (SCIN), suport de curs electronic, https://curs.upb.ro/2023
2. Bibliografie actualizata la zi (in cadrul cursului Moodle)
3. Radu Dogaru, (2003) Universality and Emergent Computation in Cellular Neural Networks, World Scientific, 260 pages, ISBN 981-238-102-3.
4. Radu Dogaru, Ioana Dogaru, Alexandru Gacsádi, Ioan Gavriluţ, Structura şi Dinamica Retelelor Dinamice Complexe: Retele Neliniare Celulare, Editura Matrix-ROM, 2013, ISBN 978-973-755-947-0, 174 pagini.
5. Dogaru R., Systematic design for emergence in cellular nonlinear networks – with applications in natural computing and signal processing, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008, ISBN: 978-3-540-76800-5, 165 pagini.
6. R. Dogaru, curs "Natural Computing", curs invitat semestrul II 2005,2006 - T.U. Darmstadt (Germania).
7. Yaneer Bar-Yam, Dynamics of Complex Systems – disponibil https://necsi.edu/dynamics-of-complex-systems
8. Leandro N. De Castro, Fundamentals of Natural Computing: Basic Concepts, Algorithms, and Applications (Chapman & Hall/CRC Computer & Information Science Series), 2008.

PROIECT

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Sisteme dinamice neliniare simple - Functia logistica, influenta parametrilor asupra comportamentelor dinamice . Prezentarea cerintelor pentru temele de casa.	2
2	Evaluarea complexitatii unui semnal prin utilizarea exponentilor Lyapunov. Modelarea sistemelor dinamice neliniare folosind retele neurale artificiale. Dinamica in sisteme sincrone si asincrone.	2
3	Aplicatii ale retelelor echo state networks (ESN) pentru identificarea sistemelor dinamice neliniare pe baza seriilor temporale.	2
4	Automate celular elementare; simulari cu evidentierea fenomenelor emergente si a clasificarilor Chua respectiv Wolfram.	2
5	Analiza si identificarea fenomenelor emergente in retele celular neliniare reactie-difuzie prin metoda activitatii locale.	2
6	Modelarea cu automate celulare a fenomenelor de propagare (pe baza https://github.com/radu-dogaru/fast-fhn-rd-cnn-simulators)	2
7	Algoritmi de optimizare de tip "swarm intelligence": PSO (particle swarm optimization), diferite implementari.	2
	Total:	14

Bibliografie:
1. DOGARU Radu, Sisteme de calcul de inspiratie naturala (SCIN), suport de curs electronic, https://curs.upb.ro/2025
2. Bibliografia cursului si specific aplicatiilor actualizata 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 comparată a tehnicilor şi metodelor cu inspiratie naturală.	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 forma 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 care utilizeaza algoritmi de inspiratie naturala specifici 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: http://www.drps.ed.ac.uk/21-22/dpt/cxinfd11007.htm)
- 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

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

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

Data avizării în departament	Director de departament

Data aprobării în Consiliul Facultăţii	Decan
22.09.2026	Prof. Dr. Mihnea Udrea