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	**Dispozitive, Circuite şi Arhitecturi Electronice**
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicaţii şi Tehnologii Informaţionale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Tehnologii Multimedia în Aplicaţii de Biometrie şi Securitatea Informaţiei

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro) (en)				Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal şi a semnalelor biologice Biometric Technologies. Speech and Biological Signals Analysis			
2.2 Titularul activităţilor de curs				Prof. dr. ing. Dragoş BURILEANU, Ş.L. dr. ing. Şerban MIHALACHE			
2.3 Titularul activităţilor de seminar / laborator				Ş.L. dr. ing. Şerban MIHALACHE			
2.4 Anul de studiu	1	2.5 Semestrul	1	2.6. Tipul de evaluare	E	2.7 Regimul disciplinei	Ob
2.8 Tipul disciplinei		S	2.9 Codul disciplinei	1		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					54
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activităţi (dacă există):					0

3.7 Total ore studiu individual	58.00
3.8 Total ore pe semestru	100
3.9 Numărul de credite	4

4. Precondiţii (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Parcurgerea următoarelor discipline: – Programarea calculatoarelor – Prelucrarea digitală a semnalelor

4.2 de rezultate ale învăţării	Acumularea următoarelor cunoştinţe generale: – concepte fundamentale de programarea calculatoarelor; – tehnici de bază de prelucrare a semnalelor.

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.
5.2 Seminar/ Laborator/Proiect	– Laboratorul se va desfăşura într-o sală cu dotare specifică, care trebuie să includă: videoproiector, computer, software specific (Python) şi echipamente hardware specializate pentru achiziţia semnalelor EMG. – Prezenţa obligatorie la laboratoare (conform regulamentului studiilor universitare de masterat în UNSTPB).

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.)*

– Disciplina oferă cunoştinţe fundamentale despre tehnologiile biometrice şi analiza semnalului vocal şi a semnalelor biologice. În prima parte a cursului sunt discutate tehnologiile biometrice, urmărind înţelegerea funcţionării acestora în cadrul unor situaţii reale şi aplicarea cunoştinţelor în testarea şi evaluarea diverselor soluţii bazate pe parametri şi cerinţe specifice. De asemenea, sunt studiate principalele asemănări şi diferenţe între domeniul tehnologiilor biometrice şi cel al expertizelor criminalistice, cu accent pe recunoaşterea vorbitorului. Partea a doua a cursului se concentrează pe analiza şi prelucrarea semnalului vocal (producerea vorbirii, descriere la nivel acustic şi fonetic, reprezentări în domeniile timp şi frecvenţă) şi a semnalelor biologice de electromiografie (EMG) şi electroencefalografie (EEG), fiind însoţită şi de o prezentare a celor mai importante trăsături utilizate în soluţii automate pentru probleme de clasificare.
– Prima parte a laboratorului urmăreşte familiarizarea cu unelte software pentru extragere de trăsături pentru semnalul vocal, precum şi implementarea manuală a unor algoritmi de extragere a acestor trăsături. În a doua parte, sunt utilizate echipamente hardware specializate pentru achiziţia semnalelor EMG şi se studiază şi implementează algoritmi de extragere a trăsăturilor specifice semnalelor EMG. Limbajul de programare utilizat pentru laborator este Python.

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 privind conceptele teoretice şi metodele moderne de recunoaştere a formelor şi prelucrare a datelor în aplicaţii de autentificare bazate pe tehnologii biometrice. – Aplică în practică cunoştinţele teoretice dobândite şi utilizează medii de simulare pentru analiza şi prelucrarea diverselor tipuri de semnale (în special semnalul vocal, dar şi diverse semnale biologice). – Aplică metode şi instrumente standardizate, specifice domeniului tehnologiilor biometrice, pentru realizarea procesului de evaluare a unei situaţii, în funcţie de problemele de rezolvat şi identifică soluţii. – Argumentează şi analizează coerent şi corect contextul de aplicare a cunoştinţelor de bază ale domeniului tehnologiilor biometrice, utilizând concepte cheie ale disciplinei şi metodologia specifică. – Comunicare orală şi în scris în limba română: utilizează vocabularul ştiinţific specific domeniului studiat, în vederea comunicării eficiente şi corecte, în scris şi oral. – Comunicare orală şi în scris într-o limba străină (engleză): demonstrează înţelegerea şi aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului studiat, într-o limbă străină.
Transversale (generale)	– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicaţii, coordonându-şi eforturile cu ceilalţi pentru rezolvarea de situaţii problemă de complexitate medie. – Autonomie şi gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni ştiinţifici, de a căuta şi analiza date în mod independent, de a identifica soluţii, precum şi de a desprinde şi prezenta concluzii. – 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 academică, 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.* – Defineşte corect noţiunile de bază ale domeniului tehnologiilor biometrice: conceptul de identitate, tipurile de date fizice şi comportamentale, noţiunile de autentificare / verificare / identificare, sisteme de management a identităţii etc. – Descrie în mod corespunzător conceptele fundamentale legate de sistemele biometrice şi sursele de eroare ce pot apărea în funcţionarea acestora. – Evidenţiază modalităţile de testare şi evaluare pentru un sistem biometric. – Înţelege diferenţele între tehnologiile biometrice şi expertiza criminalistică (cazul recunoaşterii vorbitorului). – Defineşte şi utilizează elementele de bază legate analiza şi prelucrarea semnalului vocal (producerea vorbirii, descriere la nivel acustic şi fonetic, reprezentări în domeniile timp şi frecvenţă). – Este capabil să utilizeze corect principalele modalităţi de extragere a trăsăturilor semnalului vocal (în domeniul timp, spectrale şi cepstrale). – Înţelege conceptele de bază legate de analiza şi prelucrarea semnalelor de electromiografie – EMG şi ale semnalelor de electroencefalografie – EEG (proprietăţi, module de achiziţie, trăsături specifice semnalelor EMG şi respectiv EEG, probleme de clasificare).
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).* – Selectează şi grupează informaţii relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice ale domeniului tehnologiilor biometrice. – Utilizează argumentat conceptele specifice domeniului biometriei, în vederea abordării corecte a unor probleme. – Verifică experimental soluţiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicaţii legate de prelucrarea semnalului vocal şi a semnalelor EMG şi EEG. – Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate. – Argumentează modul de rezolvare şi soluţiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.
Responsabilitate şi autonomie	*Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom şi responsabil cunoştinţele şi 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 contextului de învăţare şi a problemelor de rezolvat. – Conştientizează valoarea contribuţiei sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluţii viabile care să rezolve probleme din viaţa socială şi economică. – Analizează oportunităţi de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoştinţele dobândite în domeniul autentificării biometrice. – Demonstrează abilităţi de management ale situaţiilor din viaţa reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învăţare).

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 studenţilor la stabilirea propriului parcurs de învăţare, cum se identifică eventualele rămâneri în urmă şi ce măsuri remediale se adoptă în astfel de cazuri.)*

– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenţilor. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea şi expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât şi interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri şi feedback-ul studenţilor, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilităţile de asimilare şi învăţare a studenţilor (prin repetarea suplimentară a anumitor noţiuni şi concepte, dacă acest lucru se dovedeşte necesar).
Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noţiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini şi scheme, astfel încât informaţiile prezentate să fie cât mai uşor de înţeles şi asimilat. Se lucrează împreună cu studenţii un număr de exerciţii sau probleme şi se discută împreună cu aceştia temele de casă aferente primei părţi a cursului.
Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii.
– Predarea cunoştinţelor în cadrul orelor de laborator se bazează pe comunicarea orală şi explicarea detaliată a metodelor utilizate şi a rezultatelor obţinute, într-o manieră permanent interactivă. Studenţii implementează şi evaluează independent aceleaşi probleme prin utilizarea calculatorului, a mediului software şi a echipamentelor hardware (atunci când este cazul). Aplicaţiile realizate îi ajută pe studenţi în dezvoltarea unor relaţii optime de comunicare într-un climat favorabil învăţării prin descoperire.
Materialele de laborator sunt disponibile studenţilor sub formă electronică pe platforma Moodle a facultăţii.

10. Conţinuturi

CURS		
Capitolul	**Conţinutul**	**Nr. ore**
1	“Tehnologii biometrice – aspecte fundamentale” – Definiţii; istoric. Principii de bază. Niveluri de identificare. Cerinţe	1
2	“Managementul identităţii” – Conceptul de identitate. Autentificare / verificare, identificare. Sisteme de management a identităţii. Securitate şi confidenţialitate	1
3	“Sisteme biometrice” – Caracteristici generale. Surse de eroare. Funcţionarea unui sistem biometric. Tipuri de erori; măsuri de performanţă	2
4	“Testare şi evaluare” – Evaluarea sistemelor biometrice. Tipuri de testare; performanţe. Baze de date de test. Standarde biometrice.	2
5	“Securitatea sistemelor biometrice” – Vulnerabilităţi; tipuri de atac. Soluţii de prevenire a atacurilor. Clasificarea sistemelor biometrice în funcţie de nivelul de securitate	2
6	“Tipuri de tehnologii biometrice. Aplicaţii” – Generalităţi. Tehnologii, performanţe. Domenii, aplicaţii actuale. Sisteme şi produse comerciale; sisteme biometrice multimodale. Perspective	4
7	“Analiza şi prelucrarea semnalului vocal” – Introducere. Producerea şi percepţia vorbirii. Descrieri la nivel acustic şi fonetic. Reprezentări în domeniile timp şi frecvenţă. Variabilitatea semnalului vocal. Principiul predicţiei liniare în tehnologia vorbirii. Aplicaţie: vocoderul LPC	4
8	“Tehnologii biometrice vs expertiză criminalistică: cazul recunoaşterii vorbitorului” – Generalităţi. Sisteme biometrice bazate pe recunoaşterea vorbitorului. Expertiza criminalistică a vocii şi vorbirii. Recunoaşterea automată a vorbitorului în expertiza criminalistică	2
9	“Extragere de trăsături pentru semnalul vocal” – Analiză şi prelucrare în domeniul timp. Analiză şi prelucrare spectrală: primii trei formanţi, descriptori spectrali (centroizi, împrăştiere, asimetrie, flux, entropie etc.); spectrograme. Analiză şi prelucrare cepstrală (coeficienţii MFCC).	6

10	"Analiza şi prelucrarea semnalelor de electromiografie (EMG)" – Introducere în EMG; proprietăţile semnalelor EMG; module de achiziţie; trăsături specifice semnalelor EMG, probleme de clasificare (ex.: tipuri de mişcări, contracţie / relaxare).	2
11	"Analiza şi prelucrarea semnalelor de electroencefalografie (EEG)" – Introducere în EEG; proprietăţile semnalelor EEG; module de achiziţie; trăsături specifice semnalelor EEG, probleme de clasificare (ex.: starea afectivă).	2
	Total:	28

Bibliografie:

1. D. Burileanu, Ş. Mihalache, A. Neacşu, *Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal şi a semnalelor biologice*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultăţii de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. D. Burileanu, Ş. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicaţii*, Editura MATRIX ROM, Bucureşti, 2022, ISBN: 978-606-25-0767-1.
3. H. Li, K.A. Toh, L. Li (Editors), *Advanced Topics in Biometrics*, World Scientific Publishing Co., 2012, ISBN: 978-981-4287-84-5 (carte în biblioteca Departamentului).
4. S.K. Modi, *Biometrics in Identity Management: Concepts to Applications*, Artech House, 2011, ISBN: 978-1-608-07018-3.
5. J. Ashbourn, *Biometrics in the New World. The Cloud, Mobile Technology and Pervasive Identity*, Springer International Publishing, 2014, ISBN: 978-3-319-04158-2.
6. L.R. Rabiner, R.W. Schafer, *Theory and Applications of Digital Speech Processing*, Pearson, 2011, ISBN: 978-0136034285.
7. D. O'Shaughnessy, *Speech Communication: Human and Machine*, Ed. a 2-a, Wiley-IEEE Press, 2000, ISBN: 978-0-780-33449-6.
8. G.R. Naik (Editor), *Computational Intelligence in Electromyography Analysis – A Perspective on Current Applications and Future Challenges*, IntechOpen, 2012, ISBN: 978-953-51-0805-4.
9. A. Neacşu, J.-C. Pesquet, C. Burileanu, "EMG-Based Automatic Gesture Recognition Using Lipschitz-Regularized Neural Networks", *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, ACM, Dec. 2023. https://doi.org/10.1145/3635159.

LABORATOR

Nr. crt.	Conţinutul	Nr. ore
1	Protecţia muncii. Extragere de trăsături pentru semnalul vocal folosind unelte software dedicate (openSMILE)	2
2	Extragere de trăsături pentru semnalul vocal folosind pachete Python specializate	2
3	Extragere de trăsături pentru semnalul vocal folosind algoritmi implementaţi manual în Python	2
4	Achiziţie de semnale EMG; utilizarea unui modul de achiziţie pentru dezvoltarea unei baze de date proprii	2
5	Extragere şi vizualizare de trăsături pentru semnale EMG în Python	2
6	Analiza statistică detaliată a bazei de date în Python	2
7	Colocviu final	2
	Total:	14

Bibliografie:
1. Ş. Mihalache, A. Neacşu, *Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal şi a semnalelor biologice – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultăţii de ETTI: https://curs.upb.ro/
2. ***, *NumPy documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://numpy.org/doc/
3. ***, *SciPy documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://docs.scipy.org/doc/scipy/
4. ***, *AMFM-decompy documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://bjbschmitt.github.io/AMFM_decompy/pYAAPT.html
5. ***, *pandas documentation*, documentaţie şi manual de utilizare, disponibile în format electronic: https://pandas.pydata.org/docs/

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 legate de tehnologiile biometrice. Cunoaşterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	50%
	Cunoaşterea noţiunilor teoretice fundamentale legate de tehnologiile biometrice. Capacitatea de a realiza o sinteză relevantă din punct de vedere ştiinţific, privind o tehnologie biometrică	Temă de casă individuală (descrierea unui sistem bazat pe o tehnologie biometrică cunoscută)	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înţelegerea tehnicilor fundamentale de analiză şi prelucrare a semnalului vocal şi a unor semnale biologice. Cunoaşterea modului de simulare şi de implementare practică (pe calculator) a metodelor studiate, cu ajutorul unor medii de programare evoluate.	Colocviu final de laborator (test pe calculator).	30%
11.6 Condiţii de promovare			
– Obţinerea a minimum 50% din punctajul total. – Realizarea obligaţiilor caracteristice activităţii de laborator (participarea la lucrările planificate).			

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)

Universitatea Naţională de Ştiinţă şi Tehnologie Politehnica Bucureşti

Facultatea de Electronică, Telecomunicaţii şi

Tehnologia Informaţiei

Programa disciplinei oferă studenţilor suportul teoretic şi practic necesar cunoaşterii principiilor şi tehnicilor de bază în prelucrarea digitală a semnalelor de natură biometrică şi dezvoltării abilităţii de a proiecta şi implementa algoritmi de analiză a semnalului vocal şi unor semnale biologice (EMG şi EEG).
Disciplina răspunde concret cerinţelor actuale de dezvoltare şi evoluţie a economiei europene a serviciilor din domeniul ICT, dar şi practicilor curente din cadrul celor mai avansate instituţii de învăţământ superior din Europa.
Datorită faptului că tehnologiile bazate pe biometrie sunt utilizate în prezent pe scară largă ca elemente de identificare, securitate şi protecţie în aplicaţii comerciale, domeniile de activitate sunt extrem de variate şi cuprind dezvoltarea următoarelor tipuri de aplicaţii: control acces – fizic (instituţii diverse, armată, în aeroporturi etc.), sau virtual (acces la un calculator, sau la o reţea informatică), sisteme de management a datelor personale, paşapoarte electronice, verificarea identităţii pentru dosare medicale, în anumite situaţii ce ţin de expertizele criminalistice, diverse tranzacţii electronice (aplicaţii de tip e-banking), securitatea locuinţelor (sisteme de alarmă şi control, încuietori biometrice) etc.
Se asigură astfel absolvenţilor competenţe adecvate cu necesităţile calificărilor actuale şi o pregătire ştiinţifică şi tehnică modernă, de calitate şi competitivă, care să le permită angajarea rapidă după absolvire, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universităţii Naţionale de Ştiinţă şi Tehnologie POLITEHNICA Bucureşti, atât din punctul de vedere al conţinutului şi structurii, cât şi din punctul de vedere al aptitudinilor şi deschiderii internaţionale oferite studenţilor. Posibilii angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic şi de cercetare), cât şi mediul de cercetare-dezvoltare din instituţiile de stat şi private care utilizează (sau intenţionează să folosească) sisteme de autentificare biometrică şi/sau oferă servicii avansate bazate pe prelucrarea semnalului vocal şi a unor semnale biologice.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicaţii
21.09.2026	Prof. dr. ing. Dragoş BURILEANU	Ş.L. dr. ing. Şerban MIHALACHE

Data avizării în departament	Director de departament
22.09.2026	Prof. Dr. Claudius Dan

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