



### 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	Dispozitive, Circuite și Arhitecturi Electronice
1.4 Domeniul de studii	Inginerie Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale
1.5 Ciclul de studii	Masterat
1.6 Specializarea	Tehnologii Multimedia în Aplicații de Biometrie și Securitatea Informației

#### 2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei (ro)				Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal și a semnalelor biologice			
(en)				Biometric Technologies. Speech and Biological Signals Analysis			
2.2 Titularul activităților de curs				Prof. dr. ing. Dragoș BURILEANU, Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE			
2.3 Titularul activităților de seminar / laborator				Ș.L. dr. ing. Șerban 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 activităților 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 învățământ	42	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					54
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate					
Pregătire seminarii/ laboratoare/proiecte, teme, referate, portofolii și eseuri					
Tutorat					0
Examinări					4
Alte activități (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. Precondiții (acolo unde este cazul)

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



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

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

**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.)*

– Disciplina oferă cunoștințe fundamentale despre tehnologiile biometrice și analiza semnalului vocal și a semnalelor biologice. În prima parte a cursului sunt discutate tehnologiile biometrice, urmărind înțelegerea funcționării acestora în cadrul unor situații reale și aplicarea cunoștințelor în testarea și evaluarea diverselor soluții bazate pe parametri și cerințe specifice. De asemenea, sunt studiate principalele asemănări și diferențe între domeniul tehnologiilor biometrice și cel al expertizelor criminalistice, cu accent pe recunoașterea vorbitorului. Partea a doua a cursului se concentrează pe analiza și prelucrarea semnalului vocal (producerea vorbirii, descriere la nivel acustic și fonetic, reprezentări în domeniile timp și frecvență) și a semnalelor biologice de electromiografie (EMG) și electroencefalografie (EEG), fiind însoțită și de o prezentare a celor mai importante trăsături utilizate în soluții automate pentru probleme de clasificare.

– Prima parte a laboratorului urmărește familiarizarea cu unele software pentru extragere de trăsături pentru semnalul vocal, precum și implementarea manuală a unor algoritmi de extragere a acestor trăsături. În a doua parte, sunt utilizate echipamente hardware specializate pentru achiziția semnalelor EMG și se studiază și implementează algoritmi de extragere a trăsăturilor specifice semnalelor EMG. Limbajul de programare utilizat pentru laborator este Python.

**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>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Demonstrează că deține cunoștințe de bază privind conceptele teoretice și metodele moderne de recunoaștere a formelor și prelucrare a datelor în aplicații de autentificare bazate pe tehnologii biometrice.</li><li>– Aplică în practică cunoștințele teoretice dobândite și utilizează medii de simulare pentru analiza și prelucrarea diverselor tipuri de semnale (în special semnalul vocal, dar și diverse semnale biologice).</li><li>– Aplică metode și instrumente standardizate, specifice domeniului tehnologiilor biometrice, pentru realizarea procesului de evaluare a unei situații, în funcție de problemele de rezolvat și identifică soluții.</li><li>– Argumentează și analizează coerent și corect contextul de aplicare a cunoștințelor de bază ale domeniului tehnologiilor biometrice, utilizând concepte cheie ale disciplinei și metodologia specifică.</li><li>– Comunicare orală și în scris în limba română: utilizează vocabularul științific specific domeniului studiat, în vederea comunicării eficiente și corecte, în scris și oral.</li><li>– Comunicare orală și în scris într-o limbă străină (engleză): demonstrează înțelegerea și aplicarea corectă a vocabularului aferent domeniului studiat, într-o limbă străină.</li></ul>
<b>Transversale (generale)</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>– Comunică eficient, în special în timpul orelor de aplicații, coordonându-și eforturile cu ceilalți pentru rezolvarea de situații problemă de complexitate medie.</li><li>– Autonomie și gândire critică: abilitatea de a gândi în termeni științifici, de a căuta și analiza date în mod independent, de a identifica soluții, precum și de a desprinde și prezenta concluzii.</li><li>– Capacitate de analiză și sinteză: prezintă în mod sintetic cunoștințele dobândite, ca urmare a unui proces de analiză sistematică.</li><li>– Respectă principiile de etică academică: în activitatea de documentare citează corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>– Pune în practică elemente de inteligență emoțională în gestionarea socio-emoțională adecvată a unor situații din viața academică, demonstrând stăpânire de sine și obiectivitate în luarea deciziilor sau în situații de stres.</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 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 faptice.</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Definește corect noțiunile de bază ale domeniului tehnologiilor biometrice: conceptul de identitate, tipurile de date fizice și comportamentale, noțiunile de autentificare / verificare / identificare, sisteme de management a identității etc.</li><li>– Descrie în mod corespunzător conceptele fundamentale legate de sistemele biometrice și sursele de eroare ce pot apărea în funcționarea acestora.</li><li>– Evidențiază modalitățile de testare și evaluare pentru un sistem biometric.</li><li>– Înțelege diferențele între tehnologiile biometrice și expertiza criminalistică (cazul recunoașterii vorbitorului).</li><li>– Definește și utilizează elementele de bază legate analiza și prelucrarea semnalului vocal (producerea vorbirii, descriere la nivel acustic și fonetic, reprezentări în domeniile timp și frecvență).</li><li>– Este capabil să utilizeze corect principalele modalități de extragere a trăsăturilor semnalului vocal (în domeniul timp, spectrale și cepstrale).</li><li>– Înțelege conceptele de bază legate de analiza și prelucrarea semnalelor de electromiografie – EMG și ale semnalelor de electroencefalografie – EEG (proprietăți, module de achiziție, trăsături specifice semnalelor EMG și respectiv EEG, probleme de clasificare).</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>– Selectează și grupează informații relevante într-un context dat, putând astfel să descrie corespunzător diverse aspecte teoretice sau practice ale domeniului tehnologiilor biometrice.</li><li>– Utilizează argumentat conceptele specifice domeniului biometriei, în vederea abordării corecte a unor probleme.</li><li>– Verifică experimental soluțiile identificate pentru rezolvarea practică a unor aplicații legate de prelucrarea semnalului vocal și a semnalelor EMG și EEG.</li><li>– Formulează concluzii corecte asupra rezultatelor experimentele realizate.</li><li>– Argumentează modul de rezolvare și soluțiile utilizate pentru rezolvarea unor probleme.</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> <ul style="list-style-type: none"><li>– Selectează surse bibliografice potrivite și le analizează.</li><li>– Respectă principiile de etică academică, citând corect sursele bibliografice utilizate.</li><li>– Demonstrează receptivitate pentru contexte noi de învățare.</li><li>– Manifestă colaborare cu ceilalți colegi și cadre didactice în desfășurarea activităților didactice.</li><li>– Demonstrează autonomie în organizarea contextului de învățare și a problemelor de rezolvat.</li><li>– Conștientizează valoarea contribuției sale în domeniul ingineriei la identificarea de soluții viabile care să rezolve probleme din viața socială și economică.</li><li>– Analizează oportunități de afaceri sau de dezvoltare antreprenorială, pornind de la cunoștințele dobândite în domeniul autentificării biometrice.</li><li>– Demonstrează abilități de management ale situațiilor din viața reală (de exemplu gestionarea corectă a timpului de învățare).</li></ul>

**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.)



– Cursurile sunt predate într-o manieră interactivă, fiind încurajată participarea activă a studenților. Sunt folosite atât metode clasice de predare (prelegerea și expunerea), utilizând prezentări PowerPoint prin intermediul mijloacelor multimedia, cât și interactive, bazate pe întrebări – răspunsuri și feedback-ul studenților, adaptând permanent demersul pedagogic la posibilitățile de asimilare și învățare a studenților (prin repetarea suplimentară a anumitor noțiuni și concepte, dacă acest lucru se dovedește necesar).

Fiecare curs debutează cu recapitularea succintă a capitolelor anterioare, cu accent asupra noțiunilor parcurse la ultimul curs. Prezentările utilizează numeroase imagini și scheme, astfel încât informațiile prezentate să fie cât mai ușor de înțeles și asimilat. Se lucrează împreună cu studenții un număr de exerciții sau probleme și se discută împreună cu aceștia temele de casă aferente primei părți a cursului.

Materialele complete de curs sunt disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății.

– Predarea cunoștințelor în cadrul orelor de laborator se bazează pe comunicarea orală și explicarea detaliată a metodelor utilizate și a rezultatelor obținute, într-o manieră permanent interactivă. Studenții implementează și evaluează independent aceleași probleme prin utilizarea calculatorului, a mediului software și a echipamentelor hardware (atunci când este cazul). Aplicațiile realizate îi ajută pe studenți în dezvoltarea unor relații optime de comunicare într-un climat favorabil învățării prin descoperire.

Materialele de laborator sunt disponibile studenților sub formă electronică pe platforma Moodle a facultății.

## 10. Conținuturi

CURS		
Capitolul	Conținutul	Nr. ore
1	“Tehnologii biometrice – aspecte fundamentale” – Definiții; istoric. Principii de bază. Niveluri de identificare. Cerințe	1
2	“Managementul identității” – Conceptul de identitate. Autentificare / verificare, identificare. Sisteme de management a identității. Securitate și confidențialitate	1
3	“Sisteme biometrice” – Caracteristici generale. Surse de eroare. Funcționarea unui sistem biometric. Tipuri de erori; măsuri de performanță	2
4	“Testare și evaluare” – Evaluarea sistemelor biometrice. Tipuri de testare; performanțe. Baze de date de test. Standarde biometrice.	2
5	“Securitatea sistemelor biometrice” – Vulnerabilități; tipuri de atac. Soluții de prevenire a atacurilor. Clasificarea sistemelor biometrice în funcție de nivelul de securitate	2
6	“Tipuri de tehnologii biometrice. Aplicații” – Generalități. Tehnologii, performanțe. Domenii, aplicații actuale. Sisteme și produse comerciale; sisteme biometrice multimodale. Perspective	4
7	“Analiza și prelucrarea semnalului vocal” – Introducere. Producerea și percepția vorbirii. Descrieri la nivel acustic și fonetic. Reprezentări în domeniile timp și frecvență. Variabilitatea semnalului vocal. Principiul predicției liniare în tehnologia vorbirii. Aplicație: vocoderul LPC	4
8	“Tehnologii biometrice vs expertiză criminalistică: cazul recunoașterii vorbitorului” – Generalități. Sisteme biometrice bazate pe recunoașterea vorbitorului. Expertiza criminalistică a vocii și vorbirii. Recunoașterea automată a vorbitorului în expertiza criminalistică	2
9	“Extragere de trăsături pentru semnalul vocal” – Analiză și prelucrare în domeniul timp. Analiză și prelucrare spectrală: primii trei formați, descriptori spectrali (centroizi, împrăștiere, asimetrie, flux, entropie etc.); spectrograme. Analiză și prelucrare cepstrală (coeficienții MFCC).	6



10	“Analiza și prelucrarea semnalelor de electromiografie (EMG)” – Introducere în EMG; proprietățile semnalelor EMG; module de achiziție; trăsături specifice semnalelor EMG, probleme de clasificare (ex.: tipuri de mișcări, contracție / relaxare).	2
11	“Analiza și prelucrarea semnalelor de electroencefalografie (EEG)” – Introducere în EEG; proprietățile semnalelor EEG; module de achiziție; trăsături specifice semnalelor EEG, probleme de clasificare (ex.: starea afectivă).	2
<b>Total:</b>		28

**Bibliografie:**

1. D. Burileanu, Ș. Mihalache, A. Neacșu, *Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal și a semnalelor biologice*, suport de curs electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. D. Burileanu, Ș. Mihalache, *Prelucrarea digitală a semnalelor: concepte fundamentale, tehnici avansate, aplicații*, Editura MATRIX ROM, București, 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. Neacșu, 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.	Conținutul	Nr. ore
1	Protecția 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 implementați manual în Python	2
4	Achiziție de semnale EMG; utilizarea unui modul de achiziție pentru dezvoltarea unei baze de date proprii	2
5	Extragere și vizualizare de trăsături pentru semnale EMG în Python	2
6	Analiza statistică detaliată a bazei de date în Python	2
7	Colocviu final	2
<b>Total:</b>		14





**Bibliografie:**

1. Ș. Mihalache, A. Neacșu, *Tehnologii biometrice. Analiza semnalului vocal și a semnalelor biologice – Platforme de laborator*, disponibile în format electronic pe platforma Moodle a facultății de ETTI: <https://curs.upb.ro/>
2. \*\*\*, *NumPy documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://numpy.org/doc/>
3. \*\*\*, *SciPy documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/>
4. \*\*\*, *AMFM-decompy documentation*, documentație și manual de utilizare, disponibile în format electronic: [https://bjbschmitt.github.io/AMFM\\_decompy/pYAAPT.html](https://bjbschmitt.github.io/AMFM_decompy/pYAAPT.html)
5. \*\*\*, *pandas documentation*, documentație și 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	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de tehnologiile biometrice. Cunoașterea modului de aplicare a teoriei la rezolvarea unor probleme specifice domeniului.	Examen scris în sesiunea de examene.	50%
	Cunoașterea noțiunilor teoretice fundamentale legate de tehnologiile biometrice. Capacitatea de a realiza o sinteză relevantă din punct de vedere științific, privind o tehnologie biometrică	Temă de casă individuală (descrierea unui sistem bazat pe o tehnologie biometrică cunoscută)	20%
11.5 Seminar/laborator/proiect	Înțelegerea tehnicilor fundamentale de analiză și prelucrare a semnalului vocal și a unor semnale biologice. Cunoașterea modului de simulare și de implementare practică (pe calculator) a metodelor studiate, cu ajutorul unor medii de programare evaluate.	Colocviu final de laborator (test pe calculator).	30%
11.6 Condiții de promovare			
– Obținerea a minimum 50% din punctajul total. – Realizarea obligațiilor caracteristice activității de laborator (participarea la lucrările planificate).			

**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**




Programa disciplinei oferă studenților suportul teoretic și practic necesar cunoașterii principiilor și tehnicilor de bază în prelucrarea digitală a semnalelor de natură biometrică și dezvoltării abilității de a proiecta și implementa algoritmi de analiză a semnalului vocal și unor semnale biologice (EMG și EEG).

Disciplina răspunde concret cerințelor actuale de dezvoltare și evoluție a economiei europene a serviciilor din domeniul ICT, dar și practicilor curente din cadrul celor mai avansate instituții de învățământ superior din Europa.

Datorită faptului că tehnologiile bazate pe biometrie sunt utilizate în prezent pe scară largă ca elemente de identificare, securitate și protecție în aplicații comerciale, domeniile de activitate sunt extrem de variate și cuprind dezvoltarea următoarelor tipuri de aplicații: control acces – fizic (instituții diverse, armată, în aeroporturi etc.), sau virtual (acces la un calculator, sau la o rețea informatică), sisteme de management a datelor personale, pașapoarte electronice, verificarea identității pentru dosare medicale, în anumite situații ce țin de expertizele criminalistice, diverse tranzacții electronice (aplicații de tip e-banking), securitatea locuințelor (sisteme de alarmă și control, încuietori biometrice) etc.

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, disciplina fiind perfect încadrată în politica Universității Naționale de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, atât din punctul de vedere al conținutului și structurii, cât și din punctul de vedere al aptitudinilor și deschiderii internaționale oferite studenților. Posibili angajatori vizează atât mediul academic (profil didactic și de cercetare), cât și mediul de cercetare-dezvoltare din instituțiile de stat și private care utilizează (sau intenționează să folosească) sisteme de autentificare biometrică și/sau oferă servicii avansate bazate pe prelucrarea semnalului vocal și a unor semnale biologice.

Data completării	Titular de curs	Titular(i) de aplicații
26.09.2025	Prof. dr. ing. Dragoș BURILEANU	Ș.L. dr. ing. Șerban MIHALACHE

Data avizării în departament	Director de departament
22.10.2025	Prof. Dr. Claudiu Dan 

Data aprobării în Consiliul Facultății	Decan
	Prof. dr. ing. Radu Mihnea UDREA