



Ministerul Educației și Cercetării
Universitatea „Valahia” din Târgoviște
Scoala Doctorală de Științe Inginerești

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea „Valahia” din Targoviște
1.2 Facultatea/Departamentul	Instituția Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat
1.3 Departamentul	Școala Doctorală de Științe Inginerești
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclu de studii	Doctorat
1.6 Programul de studii/Calificarea	-

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Studiu individual 1 (Tehnici actuale în insertia reversibila)						
2.2 Titularul activităților de curs / Conducător doctorat	Prof. univ. dr. ing. Dinu COLTUC						
2.3 Titularul activităților de seminar/laborator							
2.4 Anul de studiu	I	2.5 Semestrul	I	2.6 Tipul de evaluare	C	2.7 Regimul disciplinei	OB S

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	-	din care: 3.2 curs	-	3.3 seminar/laborator	-
3.4 Total ore din planul de învățământ	-	din care: 3.5 curs	-	3.6 seminar/laborator	-
Distribuția fondului de timp					Ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					-
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					170
- Studiul bibliografiei recomandate (manuale, monografii, articole ISI, standarde, baze de date) / 90h					
- Documentare suplimentară în biblioteci și baze de date științifice (Scopus, Web of Science, Springer, IEEE etc.) / 45h					
- Elaborarea sintezelor bibliografice, analizelor critice și portofoliului individual de studiu / 35h					
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					-
Tutoriat					20
Examinări (pregătirea și susținerea colocviului)					10
Alte activități					-
3.7 Total ore studiu individual					200
3.8 Total ore pe semestru					200
3.9 Numărul de credite					8

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	
4.2 de competențe	

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1 de desfășurare a cursului	
5.2 de desfășurare a seminarului/laboratorului	

6. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

6.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a valorifica literatura științifică privind tehnicile actuale de inserție reversibilă a datelor în imagini digitale, în vederea înțelegerii și evaluării metodelor bazate pe Difference Expansion, Prediction-Error Expansion, Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering, a comparării acestora din perspectiva capacității de inserție, distorsiunii, fidelității imaginii și complexității computaționale și a fundamentării cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale.
6.2 Obiectivele specifice	- aprofundarea cunoștințelor privind principiile și metodele fundamentale ale inserției reversibile a datelor în imagini digitale, cu accent pe reversibilitate, recuperarea exactă a imaginii originale și a informației inserate, modificarea histogramei, Difference Expansion și Reversible Contrast Mapping; - dezvoltarea capacității de documentare științifică utilizând baze de date internaționale și surse bibliografice relevante privind tehnicile actuale de Reversible Data Hiding (RDH) și evoluția acestora; - formarea competențelor de analiză critică, comparare și evaluare a metodelor bazate pe predicție și Prediction-Error Expansion, inclusiv predicția adaptivă, locală și bazată pe gradient, generalized prediction-error expansion, pairwise prediction-error expansion și metodele orientate spre reducerea distorsiunii; - aprofundarea cunoștințelor privind tehnicile avansate de Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering, incluzând PEO, PVO, PPVO, modificarea adaptivă a perechilor și histogramelor, predicția direcțională și strategiile bazate pe partiționarea Quadtree; - dezvoltarea capacității de analiză comparativă a tehnicilor de inserție reversibilă prin raportare la criterii precum capacitatea de inserție, distorsiunea, fidelitatea imaginii și complexitatea computațională, precum și identificarea compromisurilor dintre capacitatea de inserție și calitatea imaginii; - dezvoltarea capacității de elaborare a unei sinteze bibliografice argumentate, de identificare a avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente, de fundamentare a cadrului conceptual și metodologic și de definire a direcției proprii de cercetare doctorală privind tehnicile actuale de inserție reversibilă.

7. Rezultatele învățării

7.1 Cunoștințe (<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>)	La finalizarea disciplinei, studentul-doctorand/absolventul: - demonstrează cunoștințe avansate privind principiile inserției reversibile a datelor în imagini digitale (Reversible Data Hiding – RDH), inclusiv cerințele de reversibilitate, recuperarea exactă a imaginii originale și a informației inserate și principalele criterii de evaluare a performanței; - cunoaște principiile și particularitățile metodelor fundamentale de inserție reversibilă, inclusiv modificarea histogramei, Difference Expansion, tehnicile wavelet și Reversible Contrast Mapping; - înțelege principiile metodelor bazate pe predicție și Prediction-Error Expansion, inclusiv predicția adaptivă, locală și bazată pe gradient, generalized prediction-error expansion și pairwise prediction-error expansion; - cunoaște tehnicile avansate bazate pe Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering, inclusiv PEO, PVO și PPVO, precum și criteriile de comparare a acestora din perspectiva capacității de inserție, distorsiunii, fidelității imaginii și complexității computaționale.
7.2 Aptitudini (<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>)	Studentul-doctorand /absolventul este capabil: - să identifice, selecteze și analizeze critic literatura științifică relevantă privind tehnicile actuale de inserție reversibilă a datelor în imagini digitale; - să analizeze comparativ metodele fundamentale de inserție reversibilă și să evalueze principiile, particularitățile și domeniile de aplicabilitate ale acestora; - să compare critic metodele bazate pe Difference Expansion și Prediction-Error Expansion și să evalueze influența strategiilor de predicție și de selecție a pixelilor asupra performanțelor inserției; - să analizeze critic tehnicile PEO, PVO și PPVO și variantele adaptive ale acestora, prin raportare la capacitatea de inserție, distorsiune, fidelitatea imaginii și complexitatea computațională; - să identifice și să argumenteze compromisurile dintre capacitatea de inserție și fidelitatea imaginii, precum și avantajele, limitările și lacunele soluțiilor existente; - să fundamenteze cadrul conceptual și metodologic și direcția proprie de cercetare doctorală privind tehnicile actuale de inserție reversibilă.
7.3 Responsabilitate și autonomie (<i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale</i>)	Studentul-doctorand /absolventul: - desfășoară în mod autonom activități de documentare, analiză critică și sinteză a literaturii privind inserția

- reversibilă a datelor, cu respectarea principiilor eticii și integrității academice;
- își asumă responsabilitatea pentru selectarea, evaluarea și interpretarea critică a metodelor și tehnicilor de inserție reversibilă relevante pentru problematica cercetării doctorale;
- argumentează în mod independent alegerea și adecvarea metodelor analizate în raport cu particularitățile problemei și cu criteriile privind capacitatea de inserție, distorsiunea, fidelitatea și complexitatea computațională;
- dezvoltă în mod autonom cadrul conceptual și metodologic și își asumă responsabilitatea pentru fundamentarea științifică a direcției proprii de cercetare doctorală.

8. Conținuturi

8.2 Studiu individual	Metode de predare	Observații
Studierea bibliografiei fundamentale privind inserția reversibilă a datelor în imagini digitale (Reversible Data Hiding – RDH), cu accent pe principiile reversibilității, cerințele de recuperare exactă a imaginii originale și a datelor inserate, metodele bazate pe modificarea histogramei, Difference Expansion, tehnici wavelet și Reversible Contrast Mapping, precum și pe criteriile de evaluare privind capacitatea de inserție, distorsiunea și fidelitatea imaginii.	Studiu individual, analiză bibliografică	45 h
Documentarea în baze de date științifice privind tehnicile avansate de inserție reversibilă bazate pe predicție și Prediction-Error Expansion, cu accent pe metodele adaptive de predicție, predicția locală și bazată pe gradient, transformările cu distorsiune redusă, strategiile de control al inserției, generalized prediction-error expansion, multiple moduli și pairwise prediction-error expansion.	Documentare în baze de date, analiză critică	35 h
Analiza critică și comparativă a literaturii privind tehnicile Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering pentru inserția reversibilă, cu accent pe metodele PEO, PVO și PPVO, modificarea adaptivă a perechilor și histogramei, predicția direcțională și strategiile bazate pe partiționarea Quadtree, prin compararea soluțiilor din perspectiva capacității de inserție, distorsiunii, fidelității imaginii și complexității computaționale.	Analiză comparativă, sinteză bibliografică	35 h
Elaborarea unei sinteze bibliografice privind evoluția, tendințele actuale și direcțiile de cercetare în domeniul inserției reversibile, prin analiza comparativă a metodelor bazate pe Difference Expansion, Prediction-Error Expansion, Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering, identificarea compromisurilor dintre capacitatea de inserție, distorsiune, fidelitate și complexitate computațională, evidențierea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente și fundamentarea cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală.	Elaborare individuală, redactare academică	35 h
Consultări periodice cu titularul disciplinei și/sau conducătorul de doctorat privind bibliografia, direcțiile de cercetare și interpretarea critică a rezultatelor din literatura de specialitate.	Tutoriat, discuții individuale	20 h
Pregătirea și susținerea colocviului pe baza studiului individual și a raportului de documentare realizat.	Studiu individual, prezentare și susținere	30 h
Bibliografie [1.] Shi, Y. Q., Li, X., Zhang, X., Wu, H. T., & Ma, B. (2016). Reversible data hiding: advances in the past two decades. IEEE Access, 4, 3210-3237. [2.] Z. Ni, Y. Q. Shi, N. Ansari, W. Su, Q. Sun, X. Lin, "Robust Lossless Image Data Hiding", Proceedings of the 2004 IEEE International Conference on Multimedia and Expo, ICME 2004, pp. 2199-2202, 2004. [3.] J. Tian, "Reversible Data Embedding Using a Difference Expansion", IEEE Trans. on Circuits and Systems for Videotechnology, vol. 13, no. 8, pp. 890-896, 2003. [4.] L. Kamstra, H. J. A. M. Heijmans, "Reversible Data Embedding Into Images Using Wavelet Techniques and Sorting", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 14, pp. 2082-2090, 2005. [5.] D. M. Thodi, J. J. Rodriguez, "Expansion Embedding Techniques for Reversible Watermarking", IEEE Trans. on Image Processing, vol. 15, pp. 721-729, 2006. [6.] D. Coltuc, J.-M. Chassery, Very Fast Watermarking by Reversible Contrast Mapping. IEEE Signal Processing Letters, vol. 15 p. 255-258, 2007 [7.] H. J. Kim, V. Sachnev, Y. Q. Shi, J. Nam, H.-G. Choo, "A Novel Difference Expansion Transform for Reversible Data Embedding", IEEE Trans. on Information Forensics and Security, vol. 3, pp. 456-465, 2008. [8.] X. Li, B. Yang, and T. Zeng, "Efficient reversible watermarking based on adaptive prediction-error expansion and pixel selection," IEEE Trans. Image Process., vol. 20, no. 12, pp. 524-533, Dec. 2011. [9.] I.-C. Dragoi, D. Coltuc, Local Prediction Based Difference Expansion Reversible Watermarking, IEEE Trans. on Image Processing, vol. 23, nr. 4, p. 412-417, 2014 [10.] D. Coltuc, Low Distortion Transform for Reversible Watermarking, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 21, no. 1, p. 412-417, 2012. [11.] D. Coltuc, Improved Embedding for Prediction Based Reversible Watermarking, IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 6, no. 3, p. 873-882, 2011. [12.] I.-C. Dragoi, D. Coltuc, I. Caciula, Gradient based prediction for reversible watermarking by difference expansion. In Proceedings of the 2nd ACM workshop on Information hiding and multimedia security, pp. 35-40, Salzburg, 2014 [13.] I. Caciula, D. Coltuc, Improved control for low bit-rate reversible watermarking, IEEE International Conference		

on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Florence, Italy, 2014

[14.] I.-C. Dragoi, D. Coltuc, Textures and Reversible Watermarking, European Signal Processing Conference EUSIPCO'2014, Lisbon, Portugal, 2014

[15.] X. Gui, X. Li, B. Yang, A high capacity reversible data hiding scheme based on generalized prediction-error expansion and adaptive embedding, Signal Process., vol. 98 pp. 370–380, 2014.

[16.] I. Caciula, H.G Coanda, D. Coltuc, Multiple Moduli Prediction Error Expansion Reversible Data Hiding, Signal Processing: Image Communication, vol.71, pp. 120-127, 2019.

[17.] B. Ou, X. Li, Y. Zhao, R. Ni, and Y. Shi, "Pairwise prediction-error expansion for efficient reversible data hiding," IEEE Trans. Image Process., vol. 22, no. 12, pp. 5010–5021, Dec. 2013.

[18.] I.-C. Dragoi, D. Coltuc, Adaptive Pairing Reversible Watermarking, IEEE Transactions on Image Processing, vol. 25, no. 5, p. 2420-2422, 2016.

[19.] I.C. Dragoi, D. Coltuc, "Prediction-error-ordering for High-fidelity Reversible Data Hiding," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), 2019.

[20.] Peng, Fei, Xiaolong Li, and Bin Yang. "Improved PVO-based reversible data hiding." Digital Signal Processing 25 (2014): 255-265.

[21.] Ou, Bo, Xiaolong Li, and Jinwei Wang. "Improved PVO-based reversible data hiding: A new implementation based on multiple histograms modification." Journal of Visual Communication and Image Representation 38 (2016): 328-339.

[22.] Zhang, Tong, et al. "Location-based PVO and adaptive pairwise modification for efficient reversible data hiding." IEEE Transactions on Information Forensics and Security 15 (2020): 2306-2319.

[23.] Chen, Haishan, et al. "High-fidelity reversible data hiding using directionally enclosed prediction." IEEE Signal Processing Letters 24.5 (2017): 574-578.

[24.] Di, Fuqiang, et al. "High-fidelity reversible data hiding by Quadtree-based pixel value ordering." Multimedia Tools and Applications 78.6 (2019): 7125-7141.

[25.] Wu, H., Li, X., Zhao, Y., & Ni, R. (2020). Improved PPVO-based high-fidelity reversible data hiding. Signal Processing, 167, 107264.

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului

Conținuturile disciplinei sunt corelate cu direcțiile de cercetare din domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale privind inserția reversibilă a datelor în imagini digitale, protecția și prelucrarea informației digitale și dezvoltarea metodelor de tip Reversible Data Hiding (RDH). Tematica disciplinei urmărește evoluția de la metodele fundamentale bazate pe Difference Expansion, modificarea histogramei și Reversible Contrast Mapping către tehnici avansate bazate pe predicție și Prediction-Error Expansion. Aceste direcții sunt susținute de literatura științifică internațională inclusă în bibliografia disciplinei. Conținuturile sunt corelate cu preocupările comunității științifice privind creșterea capacității de inserție și reducerea distorsiunii, menținând reversibilitatea procesului și fidelitatea ridicată a imaginii. Sunt analizate tehnici Prediction-Error Ordering, Pixel Value Ordering și variantele PVO/PPVO, precum și metode adaptive de predicție, selecție și modificare a pixelilor și histogramelor, care permit studierea compromisului dintre capacitatea de inserție, fidelitate și complexitate computațională. Disciplina răspunde, de asemenea, cerințelor mediului profesional privind utilizarea metodelor avansate de procesare a imaginilor și protecție a informației digitale, prin dezvoltarea capacității de analiză și evaluare a tehnicilor de inserție reversibilă în raport cu cerințele unor aplicații în care recuperarea exactă a datelor și conservarea fidelității conținutului digital reprezintă obiective esențiale. Prin conținuturile abordate, disciplina contribuie la dezvoltarea competențelor asociate Studiilor individuale din domeniul doctoral IETTI, în special privind procesarea digitală a semnalelor și imaginilor (CP1), proiectarea și modelarea sistemelor complexe (CP4) și utilizarea instrumentelor software și hardware specializate (CP6), precum și la dezvoltarea gândirii critice și a autonomiei în cercetare. Disciplina contribuie astfel la fundamentarea cercetării doctorale în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale și la dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a selecta tehnici de inserție reversibilă adecvate, creând premise pentru definirea unei direcții proprii de cercetare și dezvoltarea ulterioară a unor soluții originale orientate spre îmbunătățirea raportului dintre capacitatea de inserție, distorsiune, fidelitatea imaginii și complexitatea computațională.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Colocvii	Corectitudinea și completitudinea cunoștințelor dobândite privind principiile și tehnicile actuale de inserție reversibilă a datelor în imagini digitale; capacitatea de identificare, selectare, analiză critică și sinteză a literaturii științifice de specialitate; capacitatea de analiză comparativă și evaluare a metodelor bazate pe Difference Expansion și Prediction-Error Expansion, inclusiv a tehnicilor adaptive de predicție și selecție a pixelilor; evaluarea critică a tehnicilor Prediction-Error Ordering, Pixel Value Ordering și a variantelor PVO/PPVO; capacitatea de comparare și argumentare a metodelor analizate din perspectiva capacității de inserție, distorsiunii, fidelității imaginii și complexității computaționale; capacitatea	Colocvii oral și evaluarea raportului individual de studiu	100%

	de identificare și argumentare a compromisurilor dintre capacitatea de inserție și fidelitatea imaginii; utilizarea adecvată a terminologiei științifice specifice domeniului; identificarea și argumentarea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente; fundamentarea științifică a cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare privind tehnicile actuale de inserție reversibilă.		
10.5 Proiect	-	-	-
10.6 Standard minim de performanță			
Pentru promovarea disciplinei, studentul trebuie să îndeplinească cumulativ următoarele condiții:			
Să obțină minimum 50% din punctajul aferent colocviului și să demonstreze atingerea rezultatelor învățării prin: - identificarea, selectarea și utilizarea adecvată a literaturii științifice relevante privind tehnicile actuale de inserție reversibilă a datelor în imagini digitale; - cunoașterea principiilor fundamentale ale inserției reversibile și a principalelor categorii de metode, inclusiv Difference Expansion, Prediction-Error Expansion, Prediction-Error Ordering și Pixel Value Ordering; - realizarea unei analize critice și a unei sinteze bibliografice privind metodele bazate pe predicție, tehnicile PEE, PEO, PVO și PPVO și variantele adaptive ale acestora; - compararea și argumentarea adecvării metodelor analizate în raport cu particularitățile problemei de inserție și cu criteriile precum capacitatea de inserție, distorsiunea, fidelitatea imaginii și complexitatea computațională; - identificarea și argumentarea compromisurilor dintre capacitatea de inserție și fidelitatea imaginii, precum și a avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente; - fundamentarea cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală privind tehnicile actuale de inserție reversibilă; - utilizarea corectă a terminologiei științifice și respectarea principiilor eticii și integrității academice în elaborarea și prezentarea raportului individual de studiu.			
Standardul minim de performanță validează atingerea rezultatelor învățării definite la pct. 7.			

Fișa disciplinei corespunde planului de învățământ care se aplică pentru anul I începând cu anul universitar 2027-2028.

Data completării

Titularul de curs (Conducator doctorat)
Prof. univ. dr. ing. Dinu COLTUC

Titularul de laborator

Data avizării în
CSD

Director SDSI
Prof. univ. dr. ing. Dinu COLTUC

Data avizării în
CSUD

Director CSUD
Prof. univ. dr. ing. Rodica Mariana ION



Ministerul Educației și Cercetării
Universitatea „Valahia” din Târgoviște
Școala Doctorală de Științe Inginerești

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea „Valahia” din Targoviște
1.2 Facultatea/Departamentul	Instituția Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat
1.3 Departamentul	Școala Doctorală de Științe Inginerești
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclu de studii	Doctorat
1.6 Programul de studii/Calificarea	-

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Studiu individual 1 (Metode adaptive și bazate pe inteligență artificială pentru identificarea sistemelor dinamice)						
2.2 Titularul activităților de curs / Conducător doctorat	Prof. univ. dr. ing. Felix ALBU						
2.3 Titularul activităților de seminar/laborator							
2.4 Anul de studiu	I	2.5 Semestrul	I	2.6 Tipul de evaluare	C	2.7 Regimul disciplinei	OB S

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	-	din care: 3.2 curs	-	3.3 seminar/laborator	-
3.4 Total ore din planul de învățământ	-	din care: 3.5 curs	-	3.6 seminar/laborator	-
Distribuția fondului de timp					Ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					-
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					170
- Studiul bibliografiei recomandate (manuale, monografii, articole ISI, standarde, baze de date) / 90h					
- Documentare suplimentară în biblioteci și baze de date științifice (Scopus, Web of Science, Springer, IEEE etc.) / 45h					
- Elaborarea sintezelor bibliografice, analizelor critice și portofoliului individual de studiu / 35h					
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					-
Tutoriat					20
Examinări (pregătirea și susținerea colocviului)					10
Alte activități					-
3.7 Total ore studiu individual					200
3.8 Total ore pe semestru					200
3.9 Numărul de credite					8

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	
4.2 de competențe	

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1 de desfășurare a cursului	
5.2 de desfășurare a seminarului/laboratorului	

6. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

6.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a valorifica literatura științifică privind metodele adaptive și bazate pe inteligență artificială pentru identificarea sistemelor dinamice, în vederea înțelegerii și evaluării algoritmilor de identificare adaptivă, robuste și bazate pe învățare, a comparării performanțelor și limitărilor acestora și a fundamentării cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale.
6.2 Obiectivele specifice	- aprofundarea cunoștințelor privind conceptele, modelele și metodele adaptive de identificare a sistemelor dinamice, cu accent pe algoritmii de filtrare adaptivă, metodele de tip LMS/NLMS, affine projection, proportionate și set-membership; - dezvoltarea capacității de documentare științifică utilizând baze de date internaționale și surse bibliografice relevante privind identificarea adaptivă și bazată pe inteligență artificială a sistemelor dinamice; - formarea competențelor de analiză critică, comparare și evaluare a metodelor adaptive avansate și robuste, inclusiv a soluțiilor destinate identificării sistemelor sparse și funcționării în prezența zgomotului impulsiv și a condițiilor dinamice variabile; - aprofundarea cunoștințelor privind utilizarea Inteligenței Artificiale și a metodelor de Deep Learning în identificarea sistemelor dinamice, inclusiv a rețelelor neuronale recurente, arhitecturilor de tip Transformer, Neural Kalman Filters și abordărilor hibride care integrează algoritmii adaptivi cu modele bazate pe învățare; - identificarea tendințelor actuale, a avantajelor și limitărilor metodelor existente și a direcțiilor emergente de cercetare, prin raportare la criterii precum performanța, robustețea, viteza de convergență și complexitatea computațională; - dezvoltarea capacității de elaborare a unei sinteze bibliografice argumentate, de fundamentare a cadrului conceptual și metodologic și de definire a direcției proprii de cercetare doctorală privind metodele adaptive și bazate pe inteligență artificială pentru identificarea sistemelor dinamice.

7. Rezultatele învățării

7.1 Cunoștințe (<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>)	La finalizarea disciplinei, studentul-doctorand/absolventul: - demonstrează cunoștințe avansate privind conceptele, modelele și metodele adaptive de identificare a sistemelor dinamice, inclusiv algoritmii de filtrare adaptivă, metodele de tip LMS/NLMS, affine projection, proportionate și set-membership; - cunoaște principiile și particularitățile metodelor adaptive avansate și robuste, inclusiv soluțiile pentru identificarea sistemelor sparse și pentru funcționarea în prezența zgomotului impulsiv și a condițiilor dinamice variabile; - înțelege principiile utilizării Inteligenței Artificiale și Deep Learning în identificarea sistemelor dinamice, inclusiv abordările bazate pe rețele neuronale recurente, Transformers, Neural Kalman Filters și metode hibride; - cunoaște criteriile relevante pentru analiza și compararea metodelor de identificare, inclusiv performanța, robustețea, viteza de convergență și complexitatea computațională, precum și tendințele actuale de cercetare în domeniu.
7.2 Aptitudini (<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>)	Studentul-doctorand /absolventul este capabil: - să identifice, selecteze și analizeze critic literatura științifică relevantă privind metodele adaptive și bazate pe inteligență artificială pentru identificarea sistemelor dinamice; - să analizeze comparativ diferite metode și algoritmi de identificare adaptivă și să evalueze adecvarea acestora în raport cu caracteristicile sistemului și condițiile de funcționare; - să compare și să evalueze metodele adaptive clasice, robuste și bazate pe Inteligență Artificială din perspectiva performanței, robusteții, convergenței și complexității computaționale; - să analizeze critic abordările bazate pe Deep Learning și metodele hibride și să evalueze avantajele și limitările acestora în raport cu metodele adaptive convenționale; - să identifice avantajele, limitările și lacunele soluțiilor existente, precum și direcțiile emergente relevante pentru problematica cercetării doctorale; - să fundamenteze cadrul conceptual și metodologic și direcția proprie de cercetare privind identificarea adaptivă și bazată pe inteligență artificială a sistemelor dinamice.
7.3 Responsabilitate și autonomie (<i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale</i>)	Studentul-doctorand /absolventul: - desfășoară în mod autonom activități de documentare, analiză critică și sinteză a literaturii privind identificarea adaptivă și bazată pe Inteligență Artificială a sistemelor dinamice, cu respectarea principiilor

- eticii și integrității academice;
- își asumă responsabilitatea pentru selectarea, evaluarea și interpretarea critică a modelelor, metodelor și algoritmilor de identificare relevanți pentru problematica cercetării doctorale;
- argumentează în mod independent alegerea metodelor adaptive, robuste, bazate pe Inteligență Artificială sau hibride, în raport cu caracteristicile problemei analizate și cu criteriile de performanță considerate;
- dezvoltă în mod autonom cadrul conceptual și metodologic și își asumă responsabilitatea pentru fundamentarea științifică a direcției proprii de cercetare doctorală.

8. Conținuturi

8.2 Studiu individual	Metode de predare	Observații
Studierea bibliografiei fundamentale privind identificarea sistemelor dinamice și metodele de filtrare adaptivă, cu accent pe principiile și modelele identificării adaptive, algoritmi de tip LMS/NLMS și affine projection, metodele proportionate și set-membership, precum și pe criteriile de convergență, robustețe și complexitate computațională relevante pentru estimarea sistemelor necunoscute..	Studiu individual, analiză bibliografică	45 h
Documentarea în baze de date științifice privind metodele avansate de identificare adaptivă a sistemelor dinamice, cu accent pe identificarea sistemelor sparse, algoritmi cu pas variabil, metodele bazate pe criterii robuste de optimizare și soluțiile destinate funcționării în prezența zgomotului impulsiv, a perturbațiilor și a condițiilor dinamice.	Documentare în baze de date, analiză critică	35 h
Analiza critică și comparativă a literaturii privind utilizarea Inteligenței Artificiale și a metodelor de Deep Learning pentru identificarea sistemelor dinamice, cu accent pe rețele neuronale recurente, arhitecturi de tip Transformer, Neural Kalman Filters și abordări hibride care integrează algoritmi adaptivi cu modele bazate pe învățare, inclusiv în aplicații de identificare a sistemelor acustice și anulare adaptivă a ecoului.	Analiză comparativă, sinteză bibliografică	35 h
Elaborarea unei sinteze bibliografice privind tendințele actuale și direcțiile emergente de cercetare în identificarea adaptivă și bazată pe Inteligență Artificială a sistemelor dinamice, prin compararea avantajelor și limitărilor metodelor analizate din perspectiva performanței, robusteții, vitezei de convergență și complexității computaționale, identificarea lacunelor existente și fundamentarea cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală.	Elaborare individuală, redactare academică	35 h
Consultări periodice cu titularul disciplinei și/sau conducătorul de doctorat privind bibliografia, direcțiile de cercetare și interpretarea critică a rezultatelor din literatura de specialitate.	Tutoriat, discuții individuale	20 h
Pregătirea și susținerea colocviului pe baza studiului individual și a raportului de documentare realizat.	Studiu individual, prezentare și susținere	30 h
Bibliografie [1.] Z. Niu, S. Ou, P. Song, and Y. Gao, "Acoustic echo cancellation based on two-stage BLSTM," Electron. Lett., vol. 60, no. 6, p. e13164, Mar. 2024 [2.] V. Soni Ishwarya and M. Kothandaraman, "Novel TransQT Neural Network: A Deep Learning Framework for Acoustic Echo Cancellation in Noisy Double-Talk Scenario," in IEEE Access, vol. 12, pp. 114735-114744, 2024 [3.] E. Seidel, G. Enzner, P. Mowlae and T. Fingscheidt, "Neural Kalman Filters for Acoustic Echo Cancellation: Comparison of deep neural network-based extensions," in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 41, no. 6, pp. 24-38, Nov. 2024 [4.] V. S. Ishwarya, K. Mohanaprasad, "Attention-driven echo cancellation: A novel transformer-based approach for robust acoustic echo and noise cancellation," Results Eng., vol. 26, p. 105039, Jun. 2025 [5.] F. Albu, C. Paleologu, J. Benesty, and S. Ciochina, A low complexity proportionate affine projection algorithm for echo cancellation, in Proc. EUSIPCO, August 2010, pp. 6-10, 2010. [6.] S. Werner and P. S. R. Diniz, "Set-membership affine projection algorithm," IEEE Signal Processing Letters, vol. 8, no. 8, pp. 231-235, August 2001. [7.] Z. Jin, Y. Li, and Y. Wang, "An enhanced set-membership PNLMS algorithm with a correntropy induced metric constraint for acoustic channel estimation," Entropy, vol. 19, no. 6, Jun.2017. [8.] A. Alilouche, R. Bendoumia, I. Hassani, F. Albu, "Efficient Sub-band Proportionate Variable Step Size NLMS Algorithm for Acoustical System Identification", Traitement du Signal, pp. 1293-1307, 2025. [9.] L.-M. Dogariu, C. Paleologu, J. Benesty and F. Albu, "Kalman Filter Using a Third-Order Tensorial Decomposition of the Impulse Response", Applied Sciences, 14(11), 4507, 2024. [10.] S. Radhika, F. Albu, A. Chandrasekar, "Robust Exponential Hyperbolic Sine Adaptive Filter for Impulsive Noise Environments", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, pp. 5149-5153, 2022. [11.] Y. Jiang and B. Tian, "A Small-footprint Acoustic Echo Cancellation Solution for Mobile Full-Duplex Speech Interactions," Proc. of ICASSP 2025, pp. 1-5 [12.] S. Radhika, F. Albu, A. Chandrasekar, "Proportionate Maximum Versoria Criterion based Adaptive Algorithm for Sparse System Identification", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 69, no. 3, pp. 1902-1906, 2022. [13.] S. Radhika, F. Albu, A. Chandrasekar, "Steady State Mean Square Analysis of Standard Maximum Versoria Criterion Based Adaptive Algorithm", IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs, vol. 68, Issue 4, pp. 1547-1551, Apr. 2021. [14.] R. Pogula, T. Kishore Kumar, F. Albu, "Robust Sparse Normalized LMAT Algorithms for Adaptive System		

Identification Under Impulsive Noise Environments ", Circuits, Systems and Signal Processing, Volume: 38, Issue: 11, pp. 5103-5134, NOV 2019

[15.] Y. Li, Y. Wang, F. Albu and J. Jiang "A General Zero Attraction Proportionate Normalized Maximum Correntropy Criterion Algorithm for Sparse System Identification", Symmetry 2017, 9, 229

[16.] Y. Wang, Y. Li, F. Albu and R. Yang, "Group-Constrained Maximum Correntropy Criterion Algorithms for Estimating Sparse Mix-Noised Channel", Entropy 2017, 19(8), 432

[17.] Y. Li, Y. Wang, R. Yang and F. Albu, "A Soft Parameter Function Penalized Normalized Maximum Correntropy Criterion Algorithm for Sparse System Identification", Entropy 2017, 19(1), 45

[18.] F. Albu, H.K. Kwan, "Memory Improved Proportionate Affine Projection Sign Algorithm", IET Electronics Letters, October 2012, pp. 1279-1281.

[19.] Y.Zakharov and F. Albu, "Coordinate descent iterations in fast affine projection algorithm" , IEEE Signal Processing Letters, Vol. 12, Issue 5, May 2005, pp: 353-356

[20.] F. Albu, H.K. Kwan, "Fast block exact Gauss-Seidel pseudo affine projection algorithm", IEE Electronics Letters, Oct. 2004, pp. 1451-1453, Vol. 40, Issue:22

[21.] H. Zhang, S. Kandadai, H. Rao, M. Kim, T. Pruthi and T. Kristjansson, "Deep Adaptive Aec: Hybrid of Deep Learning and Adaptive Acoustic Echo Cancellation," Proc. of ICASSP 2022, pp. 756-760

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului

Conținuturile disciplinei sunt corelate cu direcțiile actuale de cercetare din domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale, privind identificarea sistemelor dinamice, prelucrarea adaptivă a semnalelor și utilizarea metodelor de Inteligență Artificială pentru modelarea și estimarea sistemelor. Tematica disciplinei urmărește metode adaptive clasice și avansate, algoritmi robusti și metode bazate pe Deep Learning, precum și abordări hibride care integrează filtrarea adaptivă cu modele bazate pe învățare. Aceste direcții sunt reflectate în literatura științifică internațională inclusă în bibliografia disciplinei. Conținuturile sunt corelate cu preocupările comunității științifice și profesionale privind performanța, robustețea, convergența și complexitatea computațională a algoritmilor de identificare, precum și funcționarea acestora în condiții de zgomot, perturbații și variații ale sistemului. O componentă aplicativă relevantă este reprezentată de identificarea sistemelor acustice și anularea adaptivă a ecoului, pentru care bibliografia include atât metode adaptive, cât și soluții recente bazate pe rețele neuronale și abordări hibride. Disciplina răspunde, de asemenea, cerințelor mediului profesional privind utilizarea prelucrării digitale a semnalelor, Inteligenței Artificiale și învățării automate în dezvoltarea sistemelor electronice, de comunicații și IT, contribuind la dezvoltarea capacității de analiză și evaluare a metodelor de identificare adecvate sistemelor dinamice și aplicațiilor de procesare a semnalelor. Aceste direcții sunt în concordanță cu competențele profesionale stabilite pentru domeniul doctoral IETTI, în special CP1, CP2, CP4 și CP6. Disciplina contribuie astfel la fundamentarea cercetării doctorale în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale și la dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a selecta metode adaptive, bazate pe Inteligență Artificială sau hibride pentru identificarea sistemelor dinamice, creând premise pentru definirea unor direcții proprii de cercetare și pentru dezvoltarea ulterioară a unor soluții originale cu potențial de valorificare în aplicații electronice și de comunicații.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Colocvii	Corectitudinea și completitudinea cunoștințelor dobândite privind conceptele, modelele și metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru identificarea sistemelor dinamice; capacitatea de identificare, selectare, analiză critică și sinteză a literaturii științifice de specialitate; capacitatea de analiză comparativă și evaluare a algoritmilor de identificare adaptivă, inclusiv a metodelor robuste și destinate sistemelor sparse; evaluarea critică a metodelor bazate pe Deep Learning și a abordărilor hibride care integrează algoritmi adaptivi cu modele bazate pe învățare; capacitatea de comparare și argumentare a metodelor analizate din perspectiva performanței, robusteții, vitezei de convergență și complexității computaționale; utilizarea adecvată a terminologiei științifice specifice domeniului; identificarea și argumentarea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente; fundamentarea științifică a cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru identificarea sistemelor dinamice.	Colocvii oral și evaluarea raportului individual de studiu	100%
10.5 Proiect	-	-	-
10.6 Standard minim de performanță			
Pentru promovarea disciplinei, studentul trebuie să îndeplinească cumulativ următoarele condiții:			

Să obțină minimum 50% din punctajul aferent colocviului și să demonstreze atingerea rezultatelor învățării prin: - identificarea, selectarea și utilizarea adecvată a literaturii științifice relevante privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru identificarea sistemelor dinamice; - cunoașterea conceptelor, modelelor și principiilor fundamentale ale identificării adaptive, precum și a principalelor categorii de algoritmi adaptivi, robusti și destinați identificării sistemelor sparse; - realizarea unei analize critice și a unei sinteze bibliografice privind metodele adaptive, metodele bazate pe Deep Learning și abordările hibride utilizate pentru identificarea sistemelor dinamice; - compararea și argumentarea adecvării metodelor analizate în raport cu caracteristicile problemei de identificare și cu criterii precum performanța, robustețea, viteza de convergență și complexitatea computațională; - identificarea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente și fundamentarea cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală; - utilizarea corectă a terminologiei științifice și respectarea principiilor eticii și integrității academice în elaborarea și prezentarea raportului individual de studiu. Standardul minim de performanță validează atingerea rezultatelor învățării definite la pct. 7.		
--	--	--

Fișa disciplinei corespunde planului de învățământ care se aplică pentru anul I începând cu anul universitar 2027-2028.

Data completării	Titularul de curs (Conducator doctorat) Prof. univ. dr. ing. Felix ALBU	Titularul de laborator
Data avizării în CSD	Director SDSI Prof. univ. dr. ing. Dinu COLȚUC	
Data avizării în CSUD	Director CSUD Prof. univ. dr. ing. Rodica Mariana ION	



Ministerul Educației și Cercetării
Universitatea „Valahia” din Târgoviște
Scoala Doctorală de Științe Inginerești

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea „Valahia” din Targoviște
1.2 Facultatea/Departamentul	Instituția Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat
1.3 Departamentul	Școala Doctorală de Științe Inginerești
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclu de studii	Doctorat
1.6 Programul de studii/Calificarea	-

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Studiu individual 1 (Metode adaptive și bazate pe inteligență artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri)						
2.2 Titularul activităților de curs / Conducător doctorat	Prof. univ. dr. ing. Felix ALBU						
2.3 Titularul activităților de seminar/laborator							
2.4 Anul de studiu	I	2.5 Semestrul	I	2.6 Tipul de evaluare	C	2.7 Regimul disciplinei	OB S

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

3.1 Număr de ore pe săptămână	-	din care: 3.2 curs	-	3.3 seminar/laborator	-
3.4 Total ore din planul de învățământ	-	din care: 3.5 curs	-	3.6 seminar/laborator	-
Distribuția fondului de timp					Ore
Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe					-
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					170
- Studiul bibliografiei recomandate (manuale, monografii, articole ISI, standarde, baze de date) / 90h					
- Documentare suplimentară în biblioteci și baze de date științifice (Scopus, Web of Science, Springer, IEEE etc.) / 45h					
- Elaborarea sintezelor bibliografice, analizelor critice și portofoliului individual de studiu / 35h					
Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					-
Tutoriat					20
Examinări (pregătirea și susținerea colocviului)					10
Alte activități					-
3.7 Total ore studiu individual					200
3.8 Total ore pe semestru					200
3.9 Numărul de credite					8

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	
4.2 de competențe	

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1 de desfășurare a cursului	
5.2 de desfășurare a seminarului/laboratorului	

6. Obiectivele disciplinei (reieșind din grila competențelor specifice acumulate)

6.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a valorifica literatura științifică privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri, în vederea înțelegerii și evaluării metodelor de Graph Signal Processing (GSP), a algoritmilor adaptivi și a modelelor bazate pe Machine Learning (ML) și Graph Neural Networks (GNN), a comparării acestora din perspectiva performanței, robusteții, capacității de adaptare și complexității computaționale și a fundamentării cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale.
6.2 Obiectivele specifice	- aprofundarea cunoștințelor privind conceptele și metodele fundamentale de procesare a semnalelor pe grafuri, cu accent pe reprezentarea semnalelor pe grafuri, proprietățile structurale și spectrale, operatorii și filtrele pe grafuri și netezimea semnalelor; - dezvoltarea capacității de documentare științifică utilizând baze de date internaționale și surse bibliografice relevante privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri; - formarea competențelor de analiză critică, comparare și evaluare a metodelor adaptive de estimare și procesare a semnalelor pe grafuri, inclusiv a algoritmilor LMS și normalized LMS, metodelor data-selective, adaptive message passing și abordărilor robuste bazate pe correntropy; - aprofundarea cunoștințelor privind utilizarea Machine Learning și Graph Neural Networks în procesarea semnalelor pe grafuri, cu accent pe Graph Convolutional Networks, neural message passing și relația dintre filtrarea pe grafuri și modelele bazate pe învățare; - identificarea tendințelor actuale, a avantajelor și limitărilor soluțiilor existente și a direcțiilor emergente de cercetare privind grafurile și semnalele variabile în timp, metodele robuste și regularizarea adaptivă, prin raportare la criterii precum performanța, robustețea, capacitatea de adaptare și complexitatea computațională; - dezvoltarea capacității de elaborare a unei sinteze bibliografice argumentate, de identificare a lacunelor existente, de fundamentare a cadrului conceptual și metodologic și de definire a direcției proprii de cercetare doctorală privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri.

7. Rezultatele învățării

7.1 Cunoștințe (<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>)	La finalizarea disciplinei, studentul-doctorand/absolventul: - demonstrează cunoștințe avansate privind conceptele și metodele fundamentale de procesare a semnalelor pe grafuri, inclusiv reprezentarea semnalelor pe grafuri, proprietățile structurale și spectrale, operatorii și filtrele pe grafuri și netezimea semnalelor; - cunoaște principiile și particularitățile metodelor adaptive de estimare și procesare a semnalelor pe grafuri, inclusiv algoritmii LMS și normalized LMS, strategiile graph diffusion, metodele data-selective și adaptive message passing; - înțelege principiile utilizării Inteligenței Artificiale și Machine Learning în procesarea semnalelor pe grafuri, inclusiv Graph Neural Networks, Graph Convolutional Networks și neural message passing; - cunoaște metodele robuste de procesare și recuperare a semnalelor pe grafuri, precum și problematica grafurilor și semnalelor variabile în timp, criteriile relevante pentru compararea metodelor și tendințele actuale de cercetare.
7.2 Aptitudini (<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>)	Studentul-doctorand /absolventul este capabil: - să identifice, selecteze și analizeze critic literatura științifică relevantă privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri; - să analizeze comparativ metodele adaptive de estimare și procesare a semnalelor pe grafuri și să evalueze adecvarea acestora în raport cu caracteristicile semnalelor și ale structurii grafurilor; - să compare și să evalueze metodele adaptive, inclusiv abordările robuste, graph diffusion și adaptive message passing, din perspectiva performanței, robusteții, capacității de adaptare și complexității computaționale; - să analizeze critic metodele bazate pe Machine Learning, Graph Neural Networks și neural message passing și relația acestora cu metodele de filtrare și procesare adaptivă pe grafuri; - să identifice avantajele, limitările și lacunele soluțiilor existente, precum și direcțiile emergente de cercetare privind grafurile dinamice, procesarea robustă și integrarea metodelor adaptive cu modelele bazate pe învățare; - să fundamenteze cadrul conceptual și metodologic și direcția proprie de cercetare doctorală privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri.
7.3 Responsabilitate și autonomie (<i>Capacitatea cursantului de a aplica în mod autonom și responsabil cunoștințele și aptitudinile sale</i>)	

Studentul-doctorand /absolventul:

- desfășoară în mod autonom activități de documentare, analiză critică și sinteză a literaturii privind procesarea adaptivă și bazată pe Inteligență Artificială a semnalelor pe grafuri, cu respectarea principiilor eticii și integrității academice;
- își asumă responsabilitatea pentru selectarea, evaluarea și interpretarea critică a modelelor, metodelor și algoritmilor de procesare a semnalelor pe grafuri relevanți pentru problematica cercetării doctorale;
- argumentează în mod independent alegerea metodelor adaptive, robuste sau bazate pe Inteligență Artificială, în raport cu caracteristicile problemei analizate și cu criteriile de performanță considerate;
- dezvoltă în mod autonom cadrul conceptual și metodologic și își asumă responsabilitatea pentru fundamentarea științifică a direcției proprii de cercetare doctorală.

8. Conținuturi

8.2 Studiu individual	Metode de predare	Observații
Studierea bibliografiei fundamentale privind procesarea semnalelor pe grafuri, cu accent pe reprezentarea semnalelor definite pe grafuri, proprietățile structurale și spectrale ale grafurilor, operatorii și filtrele pe grafuri, noțiunea de netezime a semnalelor și principiile extinderii metodelor clasice de procesare a semnalelor la date structurate pe rețele și domenii neregulate.	Studiu individual, analiză bibliografică	45 h
Documentarea în baze de date științifice privind metodele adaptive pentru procesarea și estimarea semnalelor pe grafuri, cu accent pe algoritmi LMS și normalized LMS, strategiile graph diffusion, metodele data-selective și adaptive message passing, precum și pe metodele robuste bazate pe criteriul correntropy, în vederea analizei capacității acestora de adaptare la variațiile semnalelor și ale structurii grafurilor.	Documentare în baze de date, analiză critică	35 h
Analiza critică și comparativă a literaturii privind utilizarea Inteligenței Artificiale și a metodelor de Machine Learning pentru procesarea semnalelor pe grafuri, cu accent pe Graph Neural Networks, Graph Convolutional Networks și neural message passing, precum și pe relația dintre filtrarea adaptivă pe grafuri și modelele bazate pe învățare, din perspectiva performanței, robusteții, capacității de generalizare și complexității computaționale.	Analiză comparativă, sinteză bibliografică	35 h
Elaborarea unei sinteze bibliografice privind tendințele actuale și direcțiile emergente de cercetare în procesarea adaptivă și bazată pe Inteligență Artificială a semnalelor pe grafuri, cu accent pe grafurile și semnalele variabile în timp, metodele robuste și regularizarea adaptivă, identificarea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente și fundamentarea cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare doctorală.	Elaborare individuală, redactare academică	35 h
Consultări periodice cu titularul disciplinei și/sau conducătorul de doctorat privind bibliografia, direcțiile de cercetare și interpretarea critică a rezultatelor din literatura de specialitate.	Tutoriat, discuții individuale	20 h
Pregătirea și susținerea colocviului pe baza studiului individual și a raportului de documentare realizat.	Studiu individual, prezentare și susținere	30 h
Bibliografie		
[1.] A. Ortega, P. Frossard, J. Kovačević, J. M. F. Moura, and P. Vandergheynst, "Graph signal processing: Overview, challenges, and applications," <i>Proc. IEEE</i>, vol. 106, no. 5, pp. 808–828, May 2018. [2.] J. Gilmer, S. S. Schoenholz, P. F. Riley, O. Vinyals, and G. E. Dahl, "Neural message passing for quantum chemistry," in <i>Proc. of ICML 2017</i>, vol. 70, pp. 1263–1272. [3.] Y. Yan, J. Hou, Z. Song, and E. E. Kuruoglu, "Signal processing over time-varying graphs: A systematic review," <i>arXiv preprint arXiv:2412.00462</i>, 2024, doi: 10.48550/arXiv.2412.00462. [4.] P. Di Lorenzo, S. Barbarossa, P. Banelli, and S. Sardellitti, "Adaptive least mean squares estimation of graph signals," <i>IEEE Trans. Signal Inf. Process. Netw.</i>, vol. 2, no. 4, pp. 555–568, Dec. 2016. [5.] X. Hou, H. Zhao, and X. Long, "Robust linear-in-the-parameters nonlinear graph diffusion adaptive filter over sensor network," <i>IEEE Sensors J.</i>, 2024, doi: 10.1109/JSEN.2024.3386957. [6.] R. Nassif, C. Richard, J. Chen, and A. H. Sayed, "A graph diffusion LMS strategy for adaptive graph signal processing," in <i>Proc. 51st Asilomar Conf. Signals, Syst., Comput.</i>, Pacific Grove, CA, USA, 2017, pp. 1563–1567. [7.] M. J. M. Spelta and W. A. Martins, "Normalized LMS algorithm and data-selective strategies for adaptive graph signal estimation," <i>Signal Process.</i>, vol. 167, Art. no. 107326, 2020. [8.] Y. Yan, C. Peng, and E. E. Kuruoglu, "Graph signal adaptive message passing," <i>IEEE Signal Process. Lett.</i>, 2025. [9.] X. Dong, D. Thanou, L. Toni, M. Bronstein, and P. Frossard, "Graph signal processing for machine learning: A review and new perspectives," <i>IEEE Signal Process. Mag.</i>, vol. 37, no. 6, pp. 117–127, Nov. 2020. [10.] X. Gao, W. Dai, C. Li, J. Zou, H. Xiong, and P. Frossard, "Message passing in graph convolution networks via adaptive filter banks," <i>arXiv preprint arXiv:2106.09910</i>, 2021. [11.] J. Tang, I. Leontiadis, S. Scellato, V. Nicosia, C. Mascolo, M. Musolesi, and V. Latora, "Applications of temporal graph metrics to real-world networks," in <i>Temporal Networks</i>, P. Holme and J. Saramäki, Eds. Berlin, Germany: Springer, 2013, pp. 135–159.		

- [12.] D. I. Shuman, S. K. Narang, P. Frossard, A. Ortega, and P. Vandergheynst, "The emerging field of signal processing on graphs: Extending high-dimensional data analysis to networks and other irregular domains," IEEE Signal Process. Mag., vol. 30, no. 3, pp. 83–98, May 2013.
- [13.] A. H. Sayed, Adaptive Filters. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2008.
- [14.] X. Hou, H. Zhao, and X. Long, "Graph diffusion kernel maximum correntropy criterion over sensor network and its performance analysis," IEEE Sensors J., vol. 23, no. 13, pp. 14583–14591, Jul. 2023.
- [15.] Y. Chen, X. Xiao, and Y. Zhou. Low-rank quaternion approximation for color image processing. IEEE Trans. Image Process., 29:1426–1439, 2020.
- [16.] J. Miao and K. I. Kou. Color image recovery using low-rank quaternion matrix completion algorithm. IEEE Trans. Image Process., 31:190–201, 2022.
- [17.] L. Dabush and T. Routtenberg, "Verifying the smoothness of graph signals: A graph signal processing approach," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 72, pp. 4349–4365, 2024
- [18.] G. Li, S. He, and J. Guo, "Dual adaptive graph Laplacian regularization for high-fidelity hyperspectral image fusion," Information Fusion, vol.116, pp. 104309, 2026.
- [19.] R. Torkamani, H. Zayyani, M. Korki, and F. Marvasti, "Robust adaptive generalized correntropy-based smoothed graph signal recovery with a kernel width learning," Signal, Image and Video Processing, vol. 19, no. 1, Art. no. 66, 2025

9. Coroborarea conținuturilor disciplinei cu așteptările reprezentanților comunității epistemice, asociațiilor profesionale și angajatori reprezentativi din domeniul aferent programului

Conținuturile disciplinei sunt corelate cu direcțiile actuale de cercetare din domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale, privind procesarea semnalelor pe grafuri, filtrarea adaptivă și utilizarea metodelor de Inteligență Artificială și Machine Learning pentru analiza datelor structurate pe rețele și domenii neregulate. Tematica disciplinei integrează fundamentele Graph Signal Processing (GSP), metodele adaptive de estimare și procesare și abordările bazate pe Graph Neural Networks și neural message passing, direcții reflectate în literatura științifică internațională inclusă în bibliografie. Conținuturile sunt corelate cu preocupările comunității științifice și profesionale privind performanța, robustețea, capacitatea de adaptare și complexitatea computațională a metodelor de procesare a semnalelor pe grafuri, inclusiv în cazul grafurilor și semnalelor variabile în timp. Sunt abordate metode LMS și normalized LMS, graph diffusion, strategii data-selective, adaptive message passing și metode robuste bazate pe correntropy, precum și relația dintre filtrarea adaptivă pe grafuri și modelele bazate pe învățare. Disciplina răspunde, de asemenea, cerințelor mediului profesional privind utilizarea procesării digitale a semnalelor, Inteligenței Artificiale și învățării automate pentru analiza și procesarea datelor cu structură relațională, contribuind la dezvoltarea capacității de analiză și evaluare a metodelor aplicabile rețelelor de senzori și unor probleme avansate de procesare și recuperare a semnalelor și imaginilor. Bibliografia include astfel de direcții aplicative, inclusiv procesarea imaginilor, fuziunea imaginilor hiperspectrale și recuperarea robustă a semnalelor pe grafuri. Disciplina contribuie astfel la fundamentarea cercetării doctorale în domeniul Ingineriei electronice, telecomunicațiilor și tehnologiilor informaționale și la dezvoltarea capacității studentului-doctorand de a analiza critic și de a selecta metode adaptive, robuste și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri, creând premise pentru definirea unor direcții proprii de cercetare și pentru dezvoltarea ulterioară a unor soluții originale cu potențial de aplicare în sisteme electronice, rețele de senzori și aplicații avansate de procesare a semnalelor.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Colocvii	Corectitudinea și completitudinea cunoștințelor dobândite privind conceptele și metodele de procesare a semnalelor pe grafuri; capacitatea de identificare, selectare, analiză critică și sinteză a literaturii științifice de specialitate; capacitatea de analiză comparativă și evaluare a metodelor adaptive de estimare și procesare a semnalelor pe grafuri, inclusiv a algoritmilor LMS și normalized LMS, strategiilor graph diffusion, metodelor data-selective și adaptive message passing; evaluarea critică a metodelor robuste și a abordărilor bazate pe Inteligență Artificială, Machine Learning și Graph Neural Networks; capacitatea de comparare și argumentare a metodelor analizate din perspectiva performanței, robusteții, capacității de adaptare și complexității computaționale; utilizarea adecvată a terminologiei științifice specifice domeniului; identificarea și argumentarea avantajelor, limitărilor și lacunelor soluțiilor existente; fundamentarea științifică a cadrului conceptual și metodologic și a direcției proprii de cercetare privind metodele adaptive și bazate pe Inteligență Artificială pentru procesarea semnalelor pe grafuri.	Colocvii oral și evaluarea raportului individual de studiu	100%
10.5 Proiect	-	-	-
10.6 Standard minim de performanță			
Pentru promovarea disciplinei, studentul trebuie să îndeplinească cumulativ următoarele condiții:			

Să obțină minimum 50% din punctajul aferent colocviului și să demonstreze atingerea rezultatelor învățării prin:

- cunoașterea și înțelegerea conceptelor fundamentale privind procesarea semnalelor pe grafuri și a principalelor categorii de metode adaptive și bazate pe Inteligență Artificială;
- capacitatea de identificare, selectare și utilizare a literaturii științifice relevante pentru problematica studiată;
- capacitatea de analiză critică și sinteză a metodelor adaptive de estimare și procesare a semnalelor pe grafuri și a abordărilor bazate pe Machine Learning, Graph Neural Networks și neural message passing;
- capacitatea de comparare și argumentare a metodelor analizate din perspectiva performanței, robusteții, capacității de adaptare și complexității computaționale;
- capacitatea de a identifica și argumenta avantajele, limitările și lacunele soluțiilor existente și principalele direcții actuale de cercetare;
- capacitatea de a fundamenta, pe baza literaturii analizate, cadrul conceptual și metodologic și direcția proprie de cercetare doctorală;
- utilizarea corectă a terminologiei științifice de specialitate și respectarea principiilor eticii și integrității academice.

Standardul minim de performanță validează atingerea rezultatelor învățării definite la pct. 7.

Fișa disciplinei corespunde planului de învățământ care se aplică pentru anul I începând cu anul universitar 2027-2028.

Data completării

Titularul de curs (Conducator doctorat)
Prof. univ. dr. ing. Felix ALBU

Titularul de laborator

Data avizării în
CSD

Director SDSI
Prof. univ. dr. ing. Dinu COLȚUC

Data avizării în
CSUD

Director CSUD
Prof. univ. dr. ing. Rodica Mariana ION