

FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre program

1.1 Instituția de învățământ superior	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
1.2 Facultatea	Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației
1.3 Departamentul	Comunicații
1.4 Domeniul de studii	Inginerie electronică, telecomunicații și tehnologii informaționale
1.5 Ciclul de studii	Master
1.6 Programul de studii / Calificarea	Telecomunicații, Sisteme Integrate de Comunicații cu Aplicații Speciale/ Master
1.7 Forma de învățământ	IF – învățământ cu frecvență
1.8 Codul disciplinei	TC11.20

2. Date despre disciplină

2.1 Denumirea disciplinei	Aplicații de învățare automată pentru comunicații wireless						
2.2 Aria de conținut	Arie teoretică Arie metodologică Arie de analiză						
2.3 Responsabil de curs	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA – Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro						
2.4 Titularul activităților de seminar / laborator / proiect	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA – Emanuel.Puschita@com.utcluj.ro						
2.5 Anul de studiu	II	2.6 Semestrul	1	2.7 Tipul de evaluare	Examen	2.8 Regimul disciplinei	DS/DO

3. Timpul total estimat

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					20
Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren					12
Pregătire seminarii / laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri					20
Tutoriat					3
Examinări					3
Alte activități:					
3.7 Total ore studiu individual	58				
3.8 Total ore pe semestru	100				
3.9 Numărul de credite	4				

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1 de curriculum	Radiocomunicații celulare, Sisteme de comunicații fixe și mobile
4.2 de competențe	NU

5. Condiții (acolo unde este cazul)

5.1. de desfășurare a cursului	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (video-proiector, ecran, tablă, cont MS Office 365/MS Team pentru cursurile desfășurate online)
5.2. de desfășurare a seminarului / laboratorului / proiectului	Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (PC-uri cu access Internet, video-proiector, ecran, instrumente software și hardware dedicate, licențe QualNet, licența Matlab, cont MS Office 365/MS Team pentru aplicațiile desfășurate online)

6. Competențele specifice acumulate

Competențe profesionale	C4. Conceperea, implementarea și operarea serviciilor de date, voce, video, multimedia, bazate pe înțelegerea și aplicarea notiunilor fundamentale din domeniul comunicațiilor și transmisiunii informației. C4.3 Explicarea și interpretarea principalelor cerințe și tehnici specifice de abordare pentru transmisiile de date, voce, video, multimedia. C5. Selectarea, instalarea, configurarea și exploatarea echipamentelor de telecomunicații fixe sau mobile și echiparea unui amplasament cu rețele uzuale de telecomunicații. C5.2 Explicarea și interpretarea tehnologiilor și protocoalelor fundamentale pentru sistemele integrate de comunicații fixe și mobile. C6. Rezolvarea problemelor specifice pentru rețele de comunicații de bandă largă: propagare în diferite medii de transmisiune, circuite și echipamente pentru frecvențe înalte (microunde și optice). C6.3 Rezolvarea de probleme practice utilizând metode de proiectare a circuitelor de microunde, planificare, acoperire, selecție și amplasarea echipamentelor de emisie recepție C7. Înțelegerea principiilor și tehnicilor de machine learning, deep learning, optimizare C7.1 Proiectare, implementare, testare și exploatare a rețelelor neuronale C7.2 Proiectare, implementare, testare și exploatare a rețelelor neuronale profunde C7.3 Proiectare, implementare, testare și exploatare a unor rețele neuronale convoluționale C7.4 Utilizarea mediilor Matlab, Python, pentru dezvoltarea de aplicații.
Competențe transversale	N/A

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

7.1 Obiectivul general al disciplinei	Dezvoltarea de competențe profesionale în domeniul aplicațiilor de comunicații wireless asistate de tehnici de învățare automată.
7.2 Obiectivele specifice	1. Aplicarea conceptelor teoretice ale rețelelor wireless, utilizarea instrumentelor software profesionale pentru proiectare, testare și măsurători (Matlab, QualNet, LabView). 2. Dezvoltarea de abilități și competențe de planificare, implementare, testare și evaluare a sistemelor wireless inteligente.

8. Conținuturi

8.1 Curs	Metode de predare	Observații
1. Introducere în ML		

2. Învățare supervizată. Metoda KNN (K-Nearest Neighbour). Arbore decizional (Decision tree). Perceptron. (Supervised learning. k-Nearest neighbours method. Decision tree. Perceptron)	Presentation, exemplification, presentation of problems, case studies, discussions.	Utilizarea de prezentari .ppt, video-proiector, tablă.
3. Învățare nesupervizată. K-means. Metode de clusterizare. Autoencodere. (Unsupervised learning. k-Means. Density-based spatial clustering of applications with noise. Clustering by fast search and find of density peaks. Relative core merge clustering algorithm. Gaussian mixture models and EM algorithm. Principal component analysis. Autoencoders)		
4. Învățare prin recompensă. Proces decizional Markov. Metode bazate pe model. (Reinforcement learning. Markov decision process. Model-based methods. Model-free methods. Deep reinforcement learning)		
5. Modelarea canalului radio și estimarea parametrilor canalului radio bazată pe algoritmi ML (Machine-learning-enabled channel modeling and estimation)		
6. Predicția parametrilor canalului radio bazată pe algoritmi ML (Channel prediction based on machine-learning algorithms)		
7. ML pentru alocarea resurselor în rețele radio cognitive (Machine and Reinforcement Learning for Resource Allocation in Cognitive Radio Networks)		
8. Predicția informațiilor despre starea canalului pentru comunicațiile wireless 5G (Channel State Information Prediction for 5G Wireless Communications).		
9. Acoperire radio și optimizarea capacității rețelei cu ajutorul algoritmilor de ML. (Machine Learning-Based Coverage and Capacity Optimization)		
10. ML pentru accesul și partajarea spectrului radio. (Machine Learning for Spectrum Access and Sharing)		
11. ML pentru codare și modulații adaptive (Machine Learning-Based Adaptive Modulation and Coding (AMC) Design).		
12. Identificare semnalelor în rețele radio cognitive. (Signal identification in cognitive radios using machine learning)		
13. Clasificarea semnalelor radio. Clasificarea modulațiilor folosind tehnici de ML.		
14. Comunicații MIMO bazate pe ML. (ML based MIMO Communications)		

Bibliografie

1. Fa-Long Luo (Editor), Machine Learning for Future Wireless Communications, Wiley-IEEE Press, 2020, ISBN: 978-1-119-56225-2.
2. Yonina C. Eldar et al., Machine Learning and Wireless Communications, Cambridge University Press & Assessment, 2022, ISBN: 9781108832984
3. E.S. Gopi, Machine Learning, Deep Learning and Computational Intelligence for Wireless Communication, Springer Verlag, Singapore, 2021, ISBN: 9811602883.
4. Ruisi He, Zhiguo Ding, Applications of Machine Learning in Wireless Communications, The Institution of Engineering and Technology, 2019, ISBN 978-1-78561-657-0 (hardback).
5. V. K. Garg, Wireless communications and networking, Elsevier, 1st ed., ISBN: 978-0-12-373580-5, 2007.
6. Randy L. Haupt, Wireless Communications Systems: An Introduction, Wiley-IEEE Press, ISBN: 9781119419174, 2020.
7. Mishra, Ajay R., Fundamentals of network planning and optimisation 2G/3G/4G: evolution to 5G, ISBN: 9781119331704, Wiley, 2018.
8. K. K. Singh, A. Singh, K. Cengiz, Dac-Nhuong Le, "Machine Learning and Cognitive Computing for Mobile Communications and Wireless Networks", Wiley 2020

8.2 Laborator

	Metode de predare	Observații
1. Învățare supervizată (k-Means Clustering, Gaussian Mixture Models, Interpreting the Clusters)	Demonstrații didactice și experimentale, exerciții didactice, simulări, lucru în echipă	Utilizarea instrumentației de laborator, simulatoare de rețele radio, calculatoare
2. Metode de clasificare (Nearest Neighbor Classification Classification Trees, Naive Bayes Classification, Discriminant Analysis, Support Vector Machines, Classification with Neural Networks)		
3. Autoencodere pentru comunicații wireless (Autoencoders for Wireless Communications).		
4. Crearea, antrenarea și clasificarea rețelelor neurale. (Creating and training neural networks)		
5. Clasificarea modulațiilor folosind ML. (Modulation classification using ML).		
6. Spectrum sensing folosind ML pentru identificarea semnalele 5G și LTE (Spectrum Sensing with Deep Learning to Identify 5G and LTE Signals)		
7. Estimarea canalului în comunicațiile 5G utilizând ML (ML Data Synthesis for 5G Channel Estimation)		

Bibliografie

1. Ruisi He, Zhiguo Ding, Applications of Machine Learning in Wireless Communications, The Institution of Engineering and Technology, ISBN 978-1-78561-657-0 (hardback), 2019.
2. F. Perez Fontan, P. Marino Espineira, Modelling the Wireless Propagation Channel: A simulation approach with MATLAB, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 978-0-470-72785-0, 2008.
3. V. K. Garg, Wireless communications and networking, Elsevier, 1st ed., ISBN: 978-0-12-373580-5, 2007.

Online references

4. ***, Deep Learning Onramp, Mathworks.com,
<https://matlabacademy.mathworks.com/details/deep-learning-onramp/deeplearning>
5. ***, Machine Learning Onramp, Mathworks.com ,
<https://matlabacademy.mathworks.com/details/machine-learning-with-matlab/mlml>
6. ***, Spectrum Sensing with Deep Learning to Identify 5G and LTE Signals, Mathworks.com,
<https://www.mathworks.com/help/comm/ug/spectrum-sensing-with-deep-learning-to-identify-5g-and-lte-signals.html>
7. ***, Autoencoders for Wireless Communications, Mathworks.com,
<https://www.mathworks.com/help/comm/ug/autoencoders-for-wireless-communications.html>
8. ***, Modulation Classification with Deep Learning, Mathworks.com,
<https://www.mathworks.com/help/comm/ug/modulation-classification-with-deep-learning.html>

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

Competențele dobândite vor fi folosite în următoarele ocupații conform COR (Clasificarea Ocupațiilor din România): Inginer emisie; Inginer electronist, transporturi, telecomunicații; Inginer imagine; Inginer sunet; Proiectant inginer electronist; Proiectant inginer de sisteme și calculatoare; Inginer șef car reportaj; Inginer șef schimb emisie; Inginer proiectant comunicații; Inginer sisteme de securitate; Inginer suport vânzări; Dezvoltator de aplicații multimedia; Inginer operare rețea; Inginer testare sisteme de comunicații; Manager proiect; Inginer de trafic; Consultant pentru sisteme comunicații.

10. Evaluare

Tip activitate	10.1 Criterii de evaluare	10.2 Metode de evaluare	10.3 Pondere din nota finală
10.4 Curs	Rezolvarea unei probleme și răspunsuri la un set de întrebări din teorie	Probă scrisă	50%
10.5 Seminar/Laborator	Verificarea deprinderilor și abilităților dobândite în urma activităților de laborator	Verificare pe parcurs prin teste de laborator	50%
10.6 Standard minim de performanță			
Nivel calitativ: <i>Cunoștințe minimale:</i> ✓ Să înțeleagă concepte fundamentale referitoare la învățarea supervizată, nesupervizată, respectiv învățarea prin recompensă. ✓ Să înțeleagă tehnici de modelare a canalului radio și să estimeze parametrii acestuia cu ajutorul algoritmilor de ML ✓ Să înțeleagă tehnici de optimizare a capacității rețelelor radio cu ajutorul algoritmilor de ML. ✓ Să înțeleagă tehnici de clasificare a semnalelor radio și a modulațiilor utilizând algoritmi de ML. ✓ Să înțeleagă tehnici de ML pentru alocarea resurselor în rețele radio cognitive. ✓ Să înțeleagă tehnici de ML pentru codare și modulații adaptive. <i>Competențe minimale:</i> ✓ Să poată recunoaște conceptele fundamentale referitoare la inteligența computațională / deep learning, instruire supervizată și nesupervizată; ✓ Să poată recunoaște conceptul de celulă radio, geometria și divizarea celulei, tehnicile de reducere a interferenței co-canal și a canalului adiacent; ✓ Să poată recunoaște indicatorii eficienței spectrale și modelele de estimare a traficului celular;			

- ✓ Să poată recunoaște mecanismele de propagare și comportamentul canalului radio în medii cu mobilitate;
- ✓ Să poată recunoaște modele de propagare de interior și de exterior, respectiv modele de fading;
- ✓ Să poată recunoaște și realiza aplicații minimale din domeniul comunicațiilor wireless folosind tehnici de ML.

Nivel cantitativ:

- ✓ Efectuarea tuturor lucrărilor de laborator.
- ✓ Notele la examen și laborator să fie minim 5.
- ✓ Nota la disciplină se calculează cu relația: $0,5 \cdot \text{Nota_examen} + 0,5 \cdot \text{Nota_laborator}$
- ✓ $T \geq 5$, $P \geq 5$ și $(T+P)/2 \geq 5$

Data completării:	Titulari	Titlu Prenume NUME	Semnătura
19.06.2024	Curs	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA	
	Aplicații	Prof.dr.ing. Emanuel PUSCHITA	

Data avizării în Consiliul Departamentului COM 10.07.2024	Director Departament Comunicații Prof.dr.ing. Virgil DOBROTĂ
Data aprobării în Consiliul Facultății ETTI 11.07.2024	Decan Prof.dr.ing. Ovidiu POP