



FIȘA DISCIPLINEI

1. Date despre Program

1.1. Instituția de învățământ superior	UNIVERSITATEA „AUREL VLAICU” DIN ARAD
1.2. Facultatea	de Științe Exacte
1.3. Departamentul	Departamentul de Matematică-Informatică
1.4. Domeniul de studii	Matematică
1.5. Anul universitar	2024-2025
1.6. Ciclu de studii	Master
1.7. Specializarea / Programul de studii	Modelare matematică în știință și tehnologie
1.8. Forma de învățământ	Învățământ cu frecvență (IF)

2. Date despre Disciplină

2.1. Denumirea disciplinei	GmEU2007 Modele neuronale pentru inteligența artificială
2.2. Titular Plan învățământ	dr. Beiu Valeriu
2.3. Asistent	dr. Beiu Valeriu
2.4. Anul de studiu	1
2.5. Semestrul	2
2.6. Tipul de evaluare	ES
2.7. Regimul disciplinei	Op

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

3.1. Număr de ore pe săptămână	3
3.2. Ore de curs pe săptămână	2
3.3. Ore de seminar/ laborator/ proiect pe săptămână	1
3.4. Total ore din planul de învățământ	42
3.5. Ore de curs pe semestru	28
3.6. Ore de seminar/ laborator/ proiect pe semestru	14
Distribuția fondului de timp [Ore]	
3.4.1. Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe	56
3.4.2. Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren	38
3.4.3. Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri	23
3.4.4. Tutoriat	0
3.4.5. Examinări	6
3.4.6. Alte activități ...	10
3.7. Total ore studiu individual	133
3.8. Total ore pe semestru	175

3.9. Numărul de credite	7
-------------------------	---

4. Precondiții (acolo unde este cazul)

4.1. Precondiții de curriculum	Recomandate dar nu necesare: Fundamente ale Retelelor Neuronale Biologice
4.2. Precondiții de competențe	Cunoștințe elementare de programare, MATLAB și modelare matematică

5. Condiții necesare (acolo unde este cazul)

5.1. Condiții de desfășurare a cursului	Sală de curs cu tablă/interactivă, videoproiector, și conexiune la internet
5.2. Condiții de desfășurare a seminarului	Sală de seminar cu tablă/interactivă, videoproiector, conexiune la internet, calculatoare și software pentru demonstrații (Matlab cu Deep Learning toolbox și Simulink)
5.3. Condiții de desfășurare a laboratorului	
5.4. Condiții de desfășurare a proiectului	

6. Competențele specifice acumulate (acolo unde este cazul)

6.1. Competențe profesionale	C1. Operating with advanced terms and methods of functional and numeric analysis. C4. Conceiving and applying mathematical models for analyzing processes and phenomena.
6.2. Competențe transversale	CT1. Showing a responsible attitude towards the scientific and didactic fields, valorizing the own professional potential, obeying to efficient labor rules for performing complex professional tasks. CT3. Selecting informational resources, efficiently using the professional development resources, ability of correlating the professional activity with the demands of a dynamic society.

7. Obiectivele disciplinei (acolo unde este cazul)

7.1. Obiectivul general al disciplinei	Studentii se vor familiariza cu noi concepte de inspirație neuronală, în particular vor înțelege noi modele matematice pentru reprezentarea neuronilor artificiali și pentru modelarea unor sisteme complexe (rețele de neuroni artificiali), incluzând procese de învățare artificială. Toate acestea le vor permite să se adapteze la noi tehnologii, le vor crește șansele de integrare în echipe interdisciplinare, cât și capacitatea de a oferi consultanță în informatică aplicată.
7.2. Obiectivele specifice	Studentii vor fi capabili să demonstreze că au dobândit cunoștințe privind: <input type="checkbox"/> Modelarea unui neuron artificial (perceptron, Hodgkin-Huxley, modele simplificate); avantaje și dezavantaje <input type="checkbox"/> Învățare supervizată (perceptron, backpropagation, deep learning) <input type="checkbox"/> Complexitatea circuitelor logice cu porți cu prag (rețele de perceptroni) <input type="checkbox"/> Calcule dendritice (perceptronul ca logică sub-neuronală) <input type="checkbox"/> Învățare nesupervizată

8. Conținuturi (acolo unde este cazul)

8.1 Conținut Curs	Metode de predare	Observații
1.- Introducere și noțiuni generale Istoria evoluției modelelor de calcul neuronal 2.- De la teoria celulară la modelul McCulloch-Pitts (perceptronul) 3.- Dezvoltarea perceptronilor (Rosenblatt) Critica acestui model (Minsky & Papert) 4.- Învățarea supervizată: Algoritmul perceptronului ADALINE și MADALINE (Bernard Widrow) 5.- Învățarea supervizată: Backpropagation (Paul Werbos, Yan LeCun, etc.) 6.- Ultimele rezultate: De la Backpropagation la Deep learning (cu Geoffrey Hinton, Demis Hassabis, etc.) Discuție: AlphaGo a câștigat; Ce reprezintă asta pentru AI; Dar pentru modele/rețele neuronale? 7.- Modelul Hodgkin-Huxley (de inspirație biologică) 8.- Modele alternative (simplificate) ale unui neuron 9.- Modelarea transmisiei (sinapse, dendrite, axoni) 10.- Perceptronul ca poartă logică cu prag Logica Booleană implementată cu perceptroni 11.- Complexitatea circuitelor logice cu perceptroni 12.- Calcule dendritice Perceptronul ca logică sub-neuronală 13.- De la Shannon (1938) la Nicolau et al. (2016) 14.-	<input type="checkbox"/> Expunere liberă <input type="checkbox"/> Expunere folosind retroproiectorul și internetul <input type="checkbox"/> Dezbatare interactivă <input type="checkbox"/> Modelare <input type="checkbox"/> Analiză comparativă <input type="checkbox"/> Exemplificare <input type="checkbox"/> Brainstorming	Cate 2 ore pentru fiecare curs

8.2 Bibliografie Curs

1. W.S. McCulloch, and W.H. Pitts, "A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity," *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, no. 4, pp. 115–133, Dec. 1943.
2. A.L. Hodgkin, and A.F. Huxley, "A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve," *The Journal of Physiology*, vol. 117, no. 4, pp. 500–544, Aug. 28, 1952.
<http://dx.doi.org/10.1113/jphysiol.1952.sp004764>
3. W.A. Catterall, I.M. Raman, H.P.C. Robinson, T.J. Sejnowski, and O. Paulsen, "The Hodgkin-Huxley heritage: From channels to circuits," *The Journal of Neuroscience*, vol. 32, no. 41, pp. 14064–14073, Oct. 10, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3403-12.2012>
4. R.C. Minnick, "Linear-input logic," *IRE Transactions on Electronic Computers*, vol. EC-10, no.1, pp. 6–16, Mar. 1961.
<http://dx.doi.org/10.1109/TEC.1961.5219146>
5. F. Rosenblatt, *Principles of Neurodynamics – Perceptrons and the Theory of Brain Mechanism*, Spartan Books, 1962. [Also as Tech. Rep. VG-1196-G-8, Cornell University, Ithaca, NY, USA, Mar. 1961.]
6. M.L. Minsky, and S.A. Papert, *Perceptrons – An Introduction to Computational Geometry*, MIT Press, 1969.
7. R.P. Lippmann, "An introduction to computing with neural nets," *IEEE ASSP Magazine*, vol. 4, no. 2, pp. 4–22, Apr. 1987.
<http://dx.doi.org/10.1109/MASSP.1987.1165576>
8. I. Wegener, *The Complexity of Boolean Functions*, J. Wiley & Sons and B. G. Teubner, 1987. http://eccc.hpi-web.de/static/books/The_Complexity_of_Boolean_Functions/
9. P. Dayan, and L.F. Abbott, *Theoretical Neuroscience – Computational and Mathematical Modeling of Neural Systems*, MIT Press, 2001.
10. P. Clote, and E. Kranakis, *Boolean Functions and Computational Models*, Springer, 2002.
11. E.M. Izhikevich, *Dynamical Systems in Neuroscience – The Geometry of Excitability and Bursting*, MIT Press, 2007.
12. T.P. Trappenberg, *Fundamentals of Computational Neuroscience* (2nd edition), Oxford Univ. Press, 2010.
13. J.E. Savage, *Models of Computation – Exploring the Power of Computing*, Creative Commons, 2008.
<http://cs.brown.edu/~jes/book/>
14. Y. Crama, and P.L. Hammer, *Boolean Functions – Theory, Algorithms, and Applications*, Cambridge Univ. Press, 2011.
15. P.S. Churchland, C. Koch and T.J. Sejnowski, "What is computational neuroscience?," Chp. 5 (pp. 46–55) in Eric L. Schwartz (ed.): *Computational Neuroscience*, MIT Press, 1990.
16. D.V. Nicolau Jr. et al., "Parallel computation with molecular-motor-propelled agents in nanofabricated networks," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, vol. 113, no. 10, pp. 2591–2596, Mar. 8, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1510825113>
17. C.E. Shannon, *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*, MSc thesis (Aug. 10, 1937), MIT, Dec. 20, 1940. Also in *Transactions American Institute of Electrical Engineers*, vol. 57, pp. 713–723, 1938. <http://dx.doi.org/10.1109/EE.1938.6431064>
18. V. Beiu, "On brain inspired nano interconnects" (invited tutorial), *IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN'10)*, Barcelona, Spain, Jul. 18, 2010. *IEEE Computational Intelligence Society*: <http://cis.ieee.org/cis-educational-repository/cis-video-collection/cis-video-library.html?vid=35056547> and <http://cis.ieee.org/cis-educational-repository/cis-video-collection/cis-video-library.html?vid=35056562>
19. V. Beiu, *Neural Networks Using Threshold Gates – A Complexity Analysis of Their Area- and Time-Efficient VLSI Implementations*, PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium, pp. 1–222, May 1994.
20. V. Beiu and John G. Taylor, "On the circuit complexity of sigmoid feedforward neural networks," *Neural Networks*, vol. 9, no. 7, pp. 1155–1171, Oct. 1996. [https://doi.org/10.1016/0893-6080\(96\)00130-X](https://doi.org/10.1016/0893-6080(96)00130-X)
21. V. Beiu, "Optimisation of circuits using a constructive learning algorithm," *Proceedings of the International Conference on Engineering Applications of Neural Networks (EANN'97)*, Stockholm, Sweden, pp. 291–294, Jun. 16–18, 1997.
22. V. Beiu, "Neural addition and Fibonacci numbers," *Proceedings of the International Work-Conference on Artificial and Natural Neural Networks (IWANN'99)*, Alicante, Spain, pp. 198–207, Jun. 2–4, 1999. <http://dx.doi.org/10.1007/BFb0100486>
23. R.A. Silver, "Neuronal arithmetic," *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 11, no. 7, pp. 474–489, Jul. 2010.
<http://dx.doi.org/10.1038/nrn2864>
24. V. Beiu, S.R. Cowell, L. Dăuș, and P. Poulin, "The brain and the computer – Revisited once again" (invited tutorial), *IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO'16)*, Sendai, Japan, Aug. 22, 2016.
<http://ieeenano2016.org/program/index.html>
25. V. Beiu, "Why the brain can and the computer can't" (keynote), *International Workshop on Soft Computing Applications (SOFA'16)*, Arad, Romania, Aug. 25, 2016. http://sofa2016.org/documents/abstract_beiu.pdf
26. S.R. Cowell, V. Beiu, L. Dăuș, and P. Poulin, "On hammock networks – Sixty years after," *IEEE International Conference on Design & Technology of Integrated Systems in Nanoscale Era (DTIS'17)*, Palma de Mallorca, Spain, art. 7929871(1–6), Apr. 4–6, 2017. <http://dx.doi.org/10.1109/DTIS.2017.7929871>
27. V. Beiu, L. Dăuș, N.C. Rohatinovici, and V.E. Balaș, "Transport reliability on axonal cytoskeleton," *IEEE International Conference on Engineering of Modern Electric Systems (EMES'17)*, Oradea, Romania, pp. 160–163, Jun. 1–2, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1109/EMES.2017.7980404>
28. V. Beiu, "Photonic Techniques for Brain Imaging" (Invited), *SPIE-SRLS International Conference for Lasers in Medicine (ICLM'17)*, Timisoara, Romania, art. 108310I(1–4), Jul. 13–15, 2017. <https://doi.org/10.1117/12.2282763>
29. S.R. Cowell, V. Beiu, L. Dăuș, and P. Poulin, "On cylindrical hammock networks," *IEEE International Conference on Nanotechnology (IEEE-NANO'17)*, Pittsburgh, USA, pp. 185–188, Jul 25–28, 2017. <https://events.infovaya.com/presentation?id=31489>
30. S.R. Cowell, V. Beiu, L. Dăuș, and P. Poulin, "On the exact reliability enhancements of small hammock networks," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 25411–25426, Apr. 2018. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2828036>
31. R.-M. Beiu, V.-F. Duma, and V. Beiu, "The latest on the axon initial segment," *IEEE International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC'18)*, Baile Felix/Oradea, Romania, pp. 136–141, May 08–12, 2018.
<https://doi.org/10.1109/ICCCC.2018.8390450>
32. V. Dragoi, S.R. Cowell, and V. Beiu, "Tight bounds on the coefficients of consecutive k-out-of-n:F Systems," *International Conference on Computers Communications and Control (ICCCC'20)*, Virtual conf., pp. 35–44, May 11–15, 2020 (SpringerNature AISC 1243). https://doi.org/10.1007/978-3-030-53651-0_3

8.3 Conținut Seminar	Metode de predare	Observații
1.- Matlab: Introducere (comenzi fundamentale) 2.- Matlab: Folosirea matricilor 3.- Matlab: Vizualizare grafică 4.- Matlab: Exemple simple 5.- Matlab: Exemple complexe 6.- Învățare supervizată: Perceptroni 7.- Învățare supervizată: Backpropagation și deep learning 8.- Despre https://nanohub.org/courses/BIOELEC și modelul Hodgkin-Huxley (în Matlab) 9.- Simulatorul http://www.cs.cmu.edu/~dst/HHsim/ (în Matlab) 10.- Modele simplificate (Morris-Lecar, FitzHugh-Nagumo) 11.- Modele complexe (incluzând mai multe canale de ioni, comportare statistică, etc.) 12.- Modelul leaky-integrate-and-fire (LIF) Modelul Izhikevich 13.- Modelarea dendritelor și axonilor 14.- Modelarea sinapselor și a plasticității lor	<input type="checkbox"/> Studii de caz <input type="checkbox"/> Exemplificarea <input type="checkbox"/> Studiu individual <input type="checkbox"/> Documentare (pe web) <input type="checkbox"/> Analiza și comparație	Cate 2 ore pentru fiecare seminar.
8.4 Bibliografie Seminar		
1. Matlab 2021, https://www.mathworks.com/products/matlab.html 2. Simulink, https://www.mathworks.com/products/simulink.html 3. Deep Learning, https://www.mathworks.com/products/deep-learning.html 4. Reinforcement Learning, https://www.mathworks.com/products/reinforcement-learning.html 5. Statistics and Machine Learning, https://www.mathworks.com/products/statistics.html		
8.5 Conținut Laborator	Metode de predare	Observații
8.6 Bibliografie Laborator		
8.7 Conținut Proiect	Metode de predare	Observații
8.8 Bibliografie Proiect		

9. Coroborarea/validarea conținuturilor disciplinei (acolo unde este cazul)

Conținutul disciplinei este în concordanță cu discipline similare din alte centre universitare din țară și din străinătate. Pentru o mai buna adaptare la cerințele pieței muncii a conținutului disciplinei au avut loc întâlniri atât cu angajatori, reprezentanți ai mediului de afaceri, cât și cu profesori de matematică și informatică din învățământul preuniversitar arădean.

10. Evaluare (acolo unde este cazul)

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
10.1. Curs	<input type="checkbox"/> Gradul de asimilare a limbajului de specialitate <input type="checkbox"/> Coerența logică <input type="checkbox"/> Corectitudinea și completitudinea cunoștințelor <input type="checkbox"/> Conștiințiozitate <input type="checkbox"/> Interes <input type="checkbox"/> Tenacitate	<input type="checkbox"/> Contribuții/intrebări în timpul cursului <input type="checkbox"/> Conversație (de evaluare) <input type="checkbox"/> Evaluare finală (în examene)	50% -- Evaluare finală 10% -- Participarea activă
10.2. Seminar	<input type="checkbox"/> Capacitatea de a folosi cunoștințele asimilate <input type="checkbox"/> Capacitatea de a aplica în practică cunoștințele teoretice <input type="checkbox"/> Conștiințiozitate <input type="checkbox"/> Interes <input type="checkbox"/> Tenacitate	<input type="checkbox"/> Referat / prezentare <input type="checkbox"/> Lucrări / teme de casă	25% -- Referat / prezentare 10% -- Lucrări / teme de casă 5% -- Participare activă
10.3. Laborator			
10.4. Proiect			
10.5 Standard minim de performanță			
Însușirea corectă a notiunilor de baza, intelegerea conceptelor fundamentale, stăpânirea limbajului de specialitate, capacitatea de a analiza și explica cazuri simple.			

Titular
dr. Beiu Valeriu

Asistent
dr. Beiu Valeriu

Director Departament
Lector Popa Lorena

DECAN
Prof.univ.dr. Sorin-Florin NĂDĂBAN