

**FIȘA DISCIPLINEI**

(masterat)

**1. Date despre program**

Instituția de învățământ superior	Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava
Facultatea	Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor
Departamentul	Calculatoare
Domeniul de studii	Calculatoare și tehnologia informației
Ciclul de studii	Masterat
Programul de studii	Știința și Ingineria Calculatoarelor

**2. Date despre disciplină**

Denumirea disciplinei	<b>ALGORITMI AVANSAȚI, PROBABILISTICI ȘI TEHNICI METAEURISTICE</b>				
Titularul activităților de curs	Prof. univ. dr. ing. Radu-Daniel VATAVU				
Titularul activităților aplicative	Șef lucrări dr. ing. Ionela RUSU				
Anul de studiu	1	Semestrul	1	Tipul de evaluare	Examen
Regimul disciplinei	Categoría formativă a disciplinei DSI – Discipline de sinteză; DAP – Discipline de aprofundare				DSI
	Categoría de opționalitate a disciplinei: DI - impusă, DO - opțională, DF - facultativă				DI

**3. Timpul total estimat (ore alocate activităților didactice)**

I a) Număr de ore, pe săptămână	3	Curs	2	Seminar	-	Laborator/lucrări practice	Laborator	1	Proiect	-
I b) Totalul de ore (pe semestru) din planul de învățământ	42	Curs	28	Seminar	-	Laborator/lucrări practice	Laborator	14	Proiect	-

II. Distribuția fondului de timp pe semestru	ore
II.a) Studiul după manual, suport de curs, bibliografie și notițe	20
II.b) Documentare suplimentară în bibliotecă, pe platformele electronice de specialitate și pe teren	11
II.b) Pregătire seminarii/laboratoare, teme, referate, portofolii și eseuri	24
II.d) Tutoriat	0
III. Examinări	3
IV. Alte activități (precizați): Consolidarea cunoștințelor de programare	0

Total ore studiu individual II (a+b+c+d)	55
Total ore pe semestru (Ib+II+III+IV)	100
Numărul de credite	5

**4. Precondiții (acolo unde este cazul)**

Curriculum	-
Competențe	-

**5. Condiții (acolo unde este cazul)**

Desfășurare a cursului	PC/laptop, slide-uri suport pentru curs, exemple de programe funcționale pe calculator, conexiune la Internet	
Desfășurare aplicații	Seminar	-
	Laborator	Unități PC/laptop având instalate mediul de dezvoltare Visual Studio (Community, Code, etc.), ghid de lucrări practice în format electronic, conexiune la Internet
	Proiect	-

**6. Competențe specifice acumulate**

Competențe profesionale	CP1. Efectuează cercetare științifică CP2. Analizează grupuri masive de date CP5. Asigură managementul de proiect CP8. Dezvoltă aplicații de procesare de date
Competențe transversale	CT1. Lucrează în echipe

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

Obiectivul general al disciplinei	Familiarizarea cu algoritmi avansați reprezentând abordări meta-euristice și probabilistice necesare pentru dezvoltarea de aplicații software moderne de procesare de date, inclusiv
-----------------------------------	--

	explorarea eficientă a spațiilor largi de căutare a soluțiilor și analiza grupurilor mari de date, în vederea operării cu concepte și metode științifice avansate din domeniul calculatoarelor și tehnologiei informației. Lucrul în echipă și managementul de proiect pentru implementarea algoritmilor avansați în cadrul aplicațiilor practice.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Însușirea tehnicilor algoritmice meta-euristice pentru rezolvarea eficientă a problemelor prin explorarea spațiului soluțiilor potențiale.</li> <li>- Rezolvarea problemelor folosind metode algoritmice de simulare a proceselor fizice, biologice, genetice și folosirea conceptelor specifice inteligenței colective.</li> <li>- Însușirea tehnicilor de reprezentare și regăsire eficientă a informației folosind algoritmi probabilistici pentru diverse aplicații practice.</li> </ul>

## 8. Conținuturi

Curs	Nr. ore	Metode de predare	Observații
<b>1. Algoritmi euristici și meta-euristici: introducere</b> 1.1. Introducere. Motivarea utilizării algoritmilor euristici și meta-euristici pentru rezolvarea eficientă a problemelor specifice și dezvoltarea de aplicații și sisteme software performante. 1.2. Explorarea spațiului stărilor unei probleme. Explorări informate și neinformate. Explorări tentative și irevocabile. 1.3. Algoritmul de explorare Hill-Climbing. 1.4. Exemple de probleme și aplicații.	2	Expunerea, prelegerea, conversația, exemplificarea, demonstrația	
<b>2. Algoritmi euristici și meta-euristici: explorare probabilistică</b> 2.1. Algoritmul Simulated Annealing. 2.2. Studiu de caz privind rezolvarea problemei așezării reginelor pe tabla de șah. Realizarea de comparații și discuții privind performanțele diverselor soluții algoritmice.	2		
<b>3. Algoritmi meta-euristici bazați pe populații: ACO</b> 3.1. Principiile inteligenței colective. 3.2. Algoritmi de tip colonii de furnici (ACO). 3.3. Exemplu practic și discuții.	3		
<b>4. Algoritmi meta-euristici bazați pe populații: ABC</b> 4.1. Algoritmi de tip colonii de albine (ABC). 4.2. Exemplu practic și discuții.	3		
<b>5. Algoritmi meta-euristici bazați pe populații: GA</b> 5.1. Principiile evoluției naturale. 5.2. Algoritmi genetici (GA). Exemplu practic. 5.3. Teorema „No free lunch” în căutare și optimizare. 5.4. Studiu de caz privind rezolvarea problemei comis-voiajorului (TSP) folosind algoritmi meta-euristici. Realizarea de comparații și discuții privind performanțele algoritmilor prezentați.	4		
<b>6. Algoritmi aleatori: introducere</b> 6.1. Noțiuni introductive privind algoritmi aleatori. 6.2. Variantă aleatoare a algoritmului de sortare rapidă. Studiu comparativ privind performanțele sortării rapide și analiza complexității temporale.	2		
<b>7. Algoritmi aleatori Las Vegas</b> 7.1. Principii de rezolvare și implementare. 7.2. Probleme exemplu: regăsirea elementelor unei mulțimi cu o anumită frecvență de apariție. 7.3. Studiul probabilistic al șanselor de identificare a soluției. Complexitatea algoritmilor Las Vegas.	4		
<b>8. Algoritmi aleatori Monte Carlo</b> 8.1. Principii de rezolvare și implementare. 8.2. Exemple de probleme: lucrul cu numere prime mari, algoritmul de testare a primalității Fermat și Miller-Rabin. 8.3. Studiu probabilistic privind exactitatea soluției. Complexitatea algoritmilor Monte Carlo.	4		

<p><b>9. Structuri de date probabilistice</b></p> <p>9.1. Filtrul Bloom. Principiul de funcționare. Realizarea de conexiuni cu alte structuri de date. Analiza probabilistică a riscului de detecție falsă.</p> <p>9.2. Studiu comparativ privind performanța diverselor soluții algoritmice și structuri de date pentru problema căutării. Analiza complexității teoretice a diverselor abordări algoritmice.</p> <p>9.3. Variante ale filtrului Bloom.</p>	4		
--	---	--	--

#### Bibliografie

1. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald R. Rivest, Clifford Stein. 2022. *Introduction to Algorithms*, 4th Ed. MIT Press (sau traducerea în limba română: *Introducere în algoritmi*, Ed. Agora)
2. Donald E. Knuth. 2022 Ed. *The Art of Computer Programming*, vol. 1-3, Addison-Wesley Professional (sau traducerea în limba română: *Arta programării calculatoarelor*, vol. I – *Algoritmi Fundamentali*; vol. II – *Algoritmi Seminumerici*; vol. III – *Sortare și căutare*, Ed. Teora)
3. Michael Mitzenmacher, Eli Upfal. 2017. *Probability and Computing: Randomization and Probabilistic Techniques in Algorithms and Data Analysis*, 2nd Ed. Cambridge University Press
4. Marco Dorigo, Thomas Stutzle. 2004. *Ant Colony Optimization*, MIT Press
5. Nilanjan Dey (Ed.). 2024. *Applications of Ant Colony Optimization and its Variants: Case Studies and New Developments*. Springer Tracts in Nature-Inspired Computing, Springer
6. Julia Pizzo (Ed.). 2015. *Ant Colony Optimization*. Clarye International
7. Chun-Wei Tsai, Ming-Chao Chiang. 2023. *Handbook of Metaheuristic Algorithms: From Fundamental Theories to Advanced Applications (Uncertainty, Computational Techniques, and Decision Intelligence)*. Academic Press
8. Ke-Lin Du, M.N.S. Swamy. 2016. *Search and Optimization by Metaheuristics: Techniques and Algorithms Inspired by Nature*, 1st Ed., Birkhauser
9. Xin-She Yang. 2014. *Nature-Inspired Optimization Algorithms*, 1st Ed., Elsevier
10. Patrick Siarry (Ed.). 2016. *Metaheuristics*. Springer
11. Dan Simon. 2013. *Evolutionary Optimization Algorithms*, 1st Ed., Wiley
12. Gayle Laakmann McDowell. 2015. *Cracking the Coding Interview: 189 Programming Questions and Solutions*, 6th Ed., CareerCup
13. Ronald T. Kneusel. 2024. *The Art of Randomness: Randomized Algorithms in the Real World*. No Starch Press
14. Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, Jacob O. Wobbrock. 2018. \$Q: A super-quick, articulation-invariant stroke-gesture recognizer for low-resource devices. In *Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '18)*. ACM, New York, NY, USA
15. Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, Jacob O. Wobbrock. 2012. Gestures as point clouds: A \$P recognizer for user interface prototypes. In *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction (ICMI '12)*. ACM, New York, NY, USA, 273-280
16. Radu-Daniel Vatavu. 2017. Improving Gesture Recognition Accuracy on Touch Screens for Users with Low Vision. In *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, 4667-4679
17. Proceedings of the International Conference on Swarm Intelligence (ANTS), <http://www.swarm-intelligence.eu>

#### Bibliografie minimală

1. Ke-Lin Du, M.N.S. Swamy. 2016. *Search and Optimization by Metaheuristics: Techniques and Algorithms Inspired by Nature*, 1st Ed., Birkhauser
2. Michael Mitzenmacher, Eli Upfal. 2017. *Probability and Computing: Randomization and Probabilistic Techniques in Algorithms and Data Analysis*, 2nd Ed. Cambridge University Press
3. Marco Dorigo, Thomas Stutzle. 2004. *Ant Colony Optimization*, MIT Press

Aplicații (Seminar/laborator/lucrări practice/proiect)	Nr. ore	Metode de predare	Observații
1. Activitatea introductivă privind dezvoltarea aplicațiilor software folosind algoritmi meta-euristici și probabilistici. Revizitarea noțiunilor și aspectelor practice privind procesarea eficientă a datelor din perspectiva complexității algoritmice. Exemple de probleme practice.	2	Lucrări practice, experimentul, conversația, studiul de caz	
2. Algoritmul Hill-Climbing, aspecte introductive privind explorarea spațiului soluțiilor potențiale ale unei probleme.	2		
3. Algoritmii Hill-Climbing și Simulated Annealing, studiu comparativ. Aplicație practică privind rezolvarea eficientă a problemei așezării reginelor pe tabla de șah.	2		
4. Algoritmi de tip colonii de furnici (ACO). Rezolvarea eficientă a problemei comis-voiajorului folosind algoritmi ACO. Activitate pregătitoare privind inițierea proiectelor, formarea echipelor și stabilirea planului de lucru.	2		
5. Algoritmi Las Vegas	2		

6. Algoritmi Monte Carlo	2	
7. Susținerea și evaluarea proiectelor realizate în echipă	2	Demonstrația
Prezența la activitățile obligatorii este reglementată de “Regulamentul cadru privind evaluarea studenților”. Recuperarea activităților aplicative obligatorii programate pe parcursul semestrului se face în conformitate cu precizările acestui regulament. De asemenea, în conformitate cu prevederile articolului 5.2.3 ale regulamentului sus-menționat, activitățile aplicative programate pe parcursul semestrului pot fi echivalate cu realizarea și susținerea de proiecte de complexitate ridicată din tematica disciplinei, cu acordul cadrului didactic titular.		
<b>Bibliografie</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald R. Rivest, Clifford Stein. 2022. <i>Introduction to Algorithms</i>, 4th Ed. MIT Press (sau traducerea în limba română: <i>Introducere în algoritmi</i>, Ed. Agora)</li> <li>2. Donald E. Knuth. 2022 Ed. <i>The Art of Computer Programming</i>, vol. 1-3, Addison-Wesley Professional (sau traducerea în limba română: <i>Arta programării calculatoarelor</i>, vol. I – <i>Algoritmi Fundamentali</i>; vol. II – <i>Algoritmi Seminumerici</i>; vol. III – <i>Sortare și căutare</i>, Ed. Teora)</li> <li>3. Michael Mitzenmacher, Eli Upfal. 2017. <i>Probability and Computing: Randomization and Probabilistic Techniques in Algorithms and Data Analysis</i>, 2nd Ed. Cambridge University Press</li> <li>4. Marco Dorigo, Thomas Stutzle. 2004. <i>Ant Colony Optimization</i>, MIT Press</li> <li>5. Nilanjan Dey (Ed.). 2024. <i>Applications of Ant Colony Optimization and its Variants: Case Studies and New Developments</i>. Springer Tracts in Nature-Inspired Computing, Springer</li> <li>6. Julia Pizzo (Ed.). 2015. <i>Ant Colony Optimization</i>. Clanrye International</li> <li>7. Chun-Wei Tsai, Ming-Chao Chiang. 2023. <i>Handbook of Metaheuristic Algorithms: From Fundamental Theories to Advanced Applications (Uncertainty, Computational Techniques, and Decision Intelligence)</i>. Academic Press</li> <li>8. Ke-Lin Du, M.N.S. Swamy. 2016. <i>Search and Optimization by Metaheuristics: Techniques and Algorithms Inspired by Nature</i>, 1st Ed., Birkhauser</li> <li>9. Xin-She Yang. 2014. <i>Nature-Inspired Optimization Algorithms</i>, 1st Ed., Elsevier</li> <li>10. Patrick Siarry (Ed.). 2016. <i>Metaheuristics</i>. Springer</li> <li>11. Dan Simon. 2013. <i>Evolutionary Optimization Algorithms</i>, 1st Ed., Wiley</li> <li>12. Gayle Laakmann McDowell. 2015. <i>Cracking the Coding Interview: 189 Programming Questions and Solutions</i>, 6th Ed., CareerCup</li> <li>13. Ronald T. Kneusel. 2024. <i>The Art of Randomness: Randomized Algorithms in the Real World</i>. No Starch Press</li> <li>14. Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, Jacob O. Wobbrock. 2018. \$Q: A super-quick, articulation-invariant stroke-gesture recognizer for low-resource devices. In <i>Proceedings of the 20th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '18)</i>. ACM, New York, NY, USA</li> <li>15. Radu-Daniel Vatavu, Lisa Anthony, Jacob O. Wobbrock. 2012. Gestures as point clouds: A \$P recognizer for user interface prototypes. In <i>Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction (ICMI '12)</i>. ACM, New York, NY, USA, 273-280</li> <li>16. Radu-Daniel Vatavu. 2017. Improving Gesture Recognition Accuracy on Touch Screens for Users with Low Vision. In <i>Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems</i>. ACM, 4667-4679</li> <li>17. Proceedings of the International Conference on Swarm Intelligence (ANTS), <a href="http://www.swarm-intelligence.eu">http://www.swarm-intelligence.eu</a></li> </ol>		
<b>Bibliografie minimală</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ke-Lin Du, M.N.S. Swamy. 2016. <i>Search and Optimization by Metaheuristics: Techniques and Algorithms Inspired by Nature</i>, 1st Ed., Birkhauser</li> <li>2. Michael Mitzenmacher, Eli Upfal. 2017. <i>Probability and Computing: Randomization and Probabilistic Techniques in Algorithms and Data Analysis</i>, 2nd Ed. Cambridge University Press</li> <li>3. Marco Dorigo, Thomas Stutzle. 2004. <i>Ant Colony Optimization</i>, MIT Press</li> </ol>		

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

Conținutul disciplinei este în concordanță cu conținutul unor discipline similare din cadrul altor universități din țară și străinătate, și anume: “Algorithms at the Ends of the Wire”, Harvard School of Engineering and Applied Sciences (<http://www.eecs.harvard.edu/~michaelm/CS222/syllabus.html>); „Randomized Algorithms and Probabilistic Analysis”, Harvard School of Engineering and Applied Sciences (<http://www.eecs.harvard.edu/~michaelm/CS223/syllabus.html>); „Randomized Algorithms”, The University of Texas at Austin (<https://www.cs.utexas.edu/~ecprice/courses/randomized>); „Randomized Algorithms”, Universitat Politècnica de Catalunya, Spania (<https://www.fib.upc.edu/en/studies/masters/master-innovation-and-research-informatics/curriculum/syllabus/RA-MIRI>); „Metaheuristic Methods”, UBB Cluj-Napoca ([https://www.cs.ubbcluj.ro/files/curricula/2015/syllabus/ADM\\_sem3 MMM8083 hu\\_gaskonomi\\_2015\\_1126.pdf](https://www.cs.ubbcluj.ro/files/curricula/2015/syllabus/ADM_sem3 MMM8083 hu_gaskonomi_2015_1126.pdf))

**10. Evaluare**

Tip activitate	Criterii de evaluare	Metode de evaluare	Pondere din nota finală
Curs	Expunerea clară a conceptelor teoretice și corectitudinea operării cu noțiuni și tehnici specifice implementării practice a algoritmilor	Probă mixtă, alcătuită din: - lucrare scrisă și - test practic pe calculator	50%

	meta-euristici și probabilistici. Însușirea corectă a metodelor de cercetare științifică pentru proiectarea de aplicații folosind algoritmi avansați în vederea procesării eficiente a datelor.	(rezolvarea unei probleme de natură algoritmică) cu verificarea orală a abordării folosite pentru rezolvarea testului practic	
Seminar	-	-	-
Laborator	Corectitudinea rezolvării de probleme algoritmice și a implementării acestora într-un limbaj de programare sub forma unui proiect realizat în echipă. Calitatea managementului proiectului și a colaborării în cadrul echipei. Participarea la diverse activități practice în legătură cu obiectivele specifice ale disciplinei.	Evaluarea proiectului, observația sistematică	50%
Proiect	-	-	-
Standard minim de performanță			
<p>- Insușirea principalelor noțiuni, idei, teorii din cadrul tehnicilor avansate de programare.</p> <p>- Cunoașterea problemelor de bază din domeniul abordărilor euristice de explorare a spațiului soluțiilor unei probleme precum și a celor specifice algoritmilor probabilistici.</p>			

Data completării	Semnătura titularului de curs	Semnătura cadrului didactic coordonator
<b>23.09.2024</b>		

Data avizării	Semnătura responsabilului de program
<b>24.09.2024</b>	

Data avizării în departament	Semnătura directorului de departament
<b>25.09.2024</b>	

Data aprobării în consiliul facultății	Semnătura decanului
<b>27.09.2024</b>	