

UČNI NAČRT PREDMETA / COURSE SYLLABUS							
<b>Predmet:</b>		Modeliranje in analiza kompleksnih omrežij					
<b>Course title:</b>		Modeling and analysis of complex networks					
<b>Študijski program in stopnja</b> Study programme and level		<b>Študijska smer</b> Study field			<b>Letnik</b> Academic year		<b>Semester</b> Semester
Informacijske znanosti, doktorski študijski program tretje stopnje		Obe smeri			Prvi		Prvi
Information Sciences, third cycle Doctoral Study Programme		Both Fields			First		First
<b>Vrsta predmeta / Course type</b>					Obvezni/Obligatory		
<b>Univerzitetna koda predmeta / University course code:</b>					1-IZ-DR-MKO-RZ-MAKO-2024-04-24		
<b>Predavanja</b> Lectures	<b>Seminar</b> Seminar	<b>Vaje</b> Tutorial	<b>Klinične vaje</b> work	<b>Druge oblike študija</b>	<b>Samost. delo</b> Individ. work		<b>ECTS</b>
40	/	/	/	/	260		10
<b>Nosilec predmeta / Lecturer:</b>				izr. prof. dr. Zoran Levnajić, red. prof. dr. Riste Škrekovski			
<b>Jeziki / Languages:</b>		<b>Predavanja / Lectures:</b>		Slovenski / Slovenian, Angleški / English			
		<b>Vaje / Tutorial:</b>					
<b>Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:</b>				<b>Prerequisites:</b>			
/				/			
<b>Vsebina:</b>				<b>Content (Syllabus outline):</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uvod: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kaj so omrežja in zakaj jih preučujemo?</li> <li>– Socialna, informacijska in biološka omrežja;</li> <li>– Socialni mediji.</li> </ul> </li> <li>• Dvovrstna omrežja, več nivojska in večplastna omrežja, hiper grafi.</li> <li>• Analiza kompleksnih omrežij: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vozlišča, stopnje;</li> <li>– Usmerjenost in uteženost;</li> <li>– Nakopičenost, najkrajša pot, premer, gostota omrežij;</li> <li>– Vizualizacija omrežij;</li> <li>– Podomrežja.</li> </ul> </li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction: <ul style="list-style-type: none"> <li>– What are networks and why we study them?</li> <li>– Social, Information, and Biological Networks;</li> <li>– Social media.</li> </ul> </li> <li>• Bipartite networks, multiplex and multilayer networks, hypergraphs.</li> <li>• Complex network analysis: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Nodes, degrees;</li> <li>– Directions and weights;</li> <li>– Clustering, shortest path, diameter, density of networks;</li> <li>– Visualization of networks;</li> <li>– Subnetworks.</li> </ul> </li> </ul>			

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Glavni algoritmi analize omrežij: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dostopen software;</li> <li>– Matrika in lista sosednosti;</li> <li>– Iskanje po obsegu;</li> <li>– računska zahtevnost;</li> <li>– shranjevanje podatkov omrežij.</li> </ul> </li> <li>• Statistična analiza omrežij: <ul style="list-style-type: none"> <li>– različne meritve centralnosti;</li> <li>– distribucije stopenj;</li> <li>– potenčni zakoni za omrežja;</li> <li>– vmesnost, dostopnost;</li> <li>– komponente.</li> </ul> </li> <li>• Modeli omrežij: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Slučajni grafi, majhni svetovi;</li> <li>– Brezlestvični in ostali modeli;</li> <li>– izbira ustreznega model za podano omrežje.</li> </ul> </li> <li>• Struktura skupnosti: <ul style="list-style-type: none"> <li>– omrežja s skupnostmi, odkrivanje skupnosti, modularnost in modularna omrežja, prekrivanje skupnosti;</li> <li>– poravnava omrežij, primerjava omrežij.</li> </ul> </li> <li>• Dinamika na omrežjih: <ul style="list-style-type: none"> <li>– širjenje, difuzija, perkolacija;</li> <li>– časovna omrežja;</li> <li>– sinhronizacija na omrežjih.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Main algorithms for network analysis: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Available software;</li> <li>– Adjacency matrix and list;</li> <li>– breadth-first search;</li> <li>– computational complexity;</li> <li>– storing network data.</li> </ul> </li> <li>• Statistical network analysis: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Measures of centrality;</li> <li>– Degree distribution;</li> <li>– Power laws in networks;</li> <li>– closeness and betweenness;</li> <li>– components.</li> </ul> </li> <li>• Network models: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Random graphs, Small worlds;</li> <li>– scale-free networks, other models;</li> <li>– Inference of network models from empirical data.</li> </ul> </li> <li>• Community structure: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Networks with communities, community detection, modularity and modular networks, overlapping communities;</li> <li>– Network alignment, network comparison.</li> </ul> </li> <li>• Dynamics on networks: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dispersion, diffusion, percolation;</li> <li>– Temporal networks;</li> <li>– Synchronization on networks.</li> </ul> </li> </ul>
--	---

### Temeljni literatura in viri / Readings:

- Newman, M. (2018). *Networks*. 2nd edition. Oxford University Press.
- Menczer, F., Fortunato, S., & Davis, C. A. (2020). *A First Course in Network Science*. Cambridge University Press.
- Balabantaray, B., Atroshi, C. A., Galety M. G., Mohanty S. N. (2022). *Social Network Analysis: Theory and Applications*. John Wiley & Sons.
- Dorogovtsev, S. N., Mendes, J. F.F. (2022). *The Nature of Complex Networks*. Oxford University Press.

### Cilji in kompetence:

*Učna enota prispeva k razvoju naslednjih splošnih kompetenc:*

- Sposobnost identificiranja danega raziskovalnega problema, njegove analize, ovrednotenja ter oblikovanja možnih rešitev.
- Ustvarjanje novega znanja, ki pomeni relevanten prispevek k razvoju znanosti.
- Sposobnost obvladanja standardnih metod, postopkov in procesov

### Objectives and competences:

*Learning unit contributes to development of the following general competencies:*

- Ability to identify a given research problem, analyse it, evaluate it and formulate possible solutions.
- Ability to create new knowledge, which represents a contribution to science.
- Ability to master standard methods, procedures and processes of research work in the scientific field of study.

raziskovalnega dela na znanstvenem področju študija.

- Razvoj veščin in spretnosti v uporabi znanja na raziskovalnem področju doktorske disertacije.
- Sposobnost inovativne uporabe in kombiniranja raznih raziskovalnih metod.

*in predmetno-specifičnih kompetenc:*

- Oblikovanje rešitev raziskovalnih problemov iz analize omrežij.
- Iznajdljivost pri prepoznavanju raziskovalnih problemov, ki se jih da formulirati kot omrežne probleme.
- Pridobivanje znanstveno relevantnih informacij iz danega omrežja skozi izbiro ustrezne metodologije.
- Uporaba standardne programske opreme za analizo omrežij
- ter programskih paketov za specifične metode, kot je npr. iskanje skupnosti.

- Development of skills and abilities in usage of knowledge in the scientific field of doctoral dissertation.
- Ability to innovatively use and combine diverse research methods.

*and subject-specific competencies:*

- Creating the solutions of research problems in network analysis.
- Ingenuity in identifying research problems that can be formulated as network science problems.
- Extracting scientifically relevant information from a network via most suitable methodology
- usage of standard software for network analysis and of software packages for specific methods, such as community detection.

### **Predvideni študijski rezultati:**

Znanje in razumevanje:

*Študent/študentka:*

- se seznani z naprednimi koncepti analize omrežij,
- analizira metode za modeliranje velikih socialnih in informacijskih omrežij,
- zna kritično oceniti in prioritizirati uporabo tovrstnih metod v praktičnih primerih,
- zna oblikovati in ovrednotiti razne metodološke okvirje v analizi omrežij,
- se nauči uporabljati obstoječe programske pakete za analizo omrežij.

### **Intended learning outcomes:**

Knowledge and understanding:

*The student:*

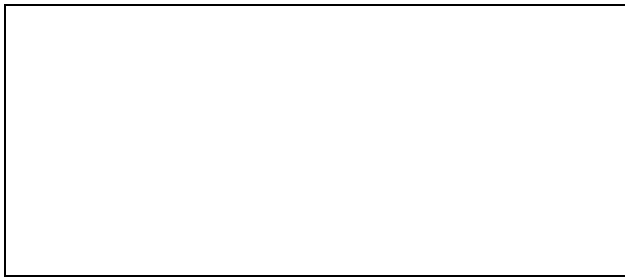
- becomes familiar with advanced concepts in network analysis,
- analyses methods and algorithms for modeling of large social and information networks,
- is able to evaluate and prioritize the usage of such method in practical cases,
- can apprise and compare various methodological frameworks behind network analysis,
- masters the usage of the existing software packages for network analysis.

### **Metode poučevanja in učenja:**

- *Predavanja* z aktivno udeležbo študentov (razlaga, diskusija, razprava o konkretnih primerih).
- *Seminarji in projekti*, kjer študenti ponovijo in preizkusijo svoje razumevanje skozi reševanje raziskovalnih problemov.

### **Learning and teaching methods:**

- *Lectures* with the active participation of students (explanation, discussion, debate on specific cases).
- *Seminars and projects* where students test the acquired



knowledge and skills by solving research problems.

**Načini ocenjevanja:**

Delež (v %) /  
Weight (in %)

**Assessment:**

Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt):	Delež (v %) / Weight (in %)	Type (examination, oral, coursework, project):
<ul style="list-style-type: none"><li>• Pisni izpit v katerem se preveri teoretično znanje</li><li>• Praktična raziskovalna naloga prilagojena doktorski temi posameznega študenta</li></ul>	50	<ul style="list-style-type: none"><li>• Written exam to check the theoretical knowledge</li><li>• Practical research assignment customized to each student's dissertation focus</li></ul>
	50	

**Reference nosilca / Lecturer's references:**

Izr. prof. dr. Zoran Levnajić

- Crnkčić, A., Povh, J., Jaćimović, V., & Levnajić, Z. (2020). Collective dynamics of phase-repulsive oscillators solves graph coloring problem, *Chaos*, 30, 033128.
- Faggian, M., Ginelli, F., Rosas, F., & Levnajić, Z. (2019). Synchronization in time-varying random networks with vanishing connectivity. *Scientific Reports*, 9, 10207.
- Simidjievski, N., Tanevski, J., Ženko, B., Levnajić, Z., Todorovski, L., & Džeroski, S. (2018). Decoupling approximation robustly reconstructs directed dynamical networks. *New Journal of Physics*, 20, 113003.

Red. prof. dr. Riste Škrekovski

- Sedlar, J., & Škrekovski, R. (2021). Mixed metric dimension of graphs with edge disjoint cycles. *Discrete Applied Mathematics*, 300, 1–8.
- Krc, M., & Škrekovski, R. (2020). Group degree centrality and centralization in networks, *Mathematics*, 8, 10.
- Petruševski, M., & Škrekovski, R. (2022). Colorings with neighborhood parity condition. *Discrete Applied Mathematics*, 321, 385–391.