

WYDZIAŁ W11 / K64W11D11	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Układy Złożone	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Complex Systems	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Big Data Analytics	
Specjalność (jeśli dotyczy): .....	
Poziom i forma studiów: <del>I / II stopień / jednolite studia magisterskie*</del> , stacjonarna / niestacjonarna*	
Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / <del>wybieralny</del> / ogólnouczelniany *	
Kod przedmiotu .....	
Grupa kursów TAK / NIE*	

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	75		50		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1		1		

\*niepotrzebne skreślić

#### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Skills in computer programming and Monte Carlo simulations
2. Knowledge and skills in statistical physics
3. Knowledge and skills in probability theory

#### CELE PRZEDMIOTU

- C1 Becoming familiar with the concept of complex systems and relations between different approaches used for complex systems
- C2 Acquiring knowledge and skills that allow to design, develop, verify and validate models of complex systems
- C3 Acquiring skills to work in the team on the interdisciplinary projects and to present the results of the work to the broad interdisciplinary audience.

### **PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ**

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 – acquiring knowledge related to concept of complex systems and relations between different approaches used for complex systems

PEK\_W02 – acquiring knowledge necessary to design, develop, verify and validate models of complex systems

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 – acquiring skills necessary to design, develop, verify and validate models of complex systems

PEU\_U02 – acquiring skills to work in the team on the interdisciplinary projects and to present the results of the work to the broad interdisciplinary audience

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01 – developing skills to critically analyze information related to complex systems from different sources

PEK\_K02 - developing skills to analyze the degree of complexity of the examined issue, to divide the task into stages and to implement a project

PEK\_K03 - developing skills in social interactions: team work, communication with the society and knowledge transfer

### **TREŚCI PROGRAMOWE**

<b>Forma zajęć - wykład</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Introduction: What Is a Complex System? Real-life empirical examples and models.	2
Wy2	Power-laws in complex systems: Zipf analysis of data in literature, music, urban planning, economy, etc., self-organized criticality.	2
Wy3	Cellular automata: Wolfram's one-dimensional system and universality classes, toy models (e.g. Game of life, Langton's ant) and real-life applications (e.g. modeling traffic jams, etc.).	4
Wy4	Percolation as a simple model of complexity and criticality – Monte Carlo simulations and analytical methods (exact solution on the Bethe lattice, the mean-field and the renormalization group approaches).	4
Wy5	Introduction to complex networks – empirical data, basic measures and theoretical models.	4
Wy6	Spreading phenomena on networks – from virus to opinion.	4
Wy7	Agent-based vs analytical model. Advantages and disadvantages of both approaches.	4
Wy8	Tips for building and analyzing model, including a role of: averaging (time vs. ensemble average), initial conditions (ordered vs disordered), updating schemes (synchronous vs. sequential) and the type of approach (quenched vs. annealed).	2
Wy9	Agent-based modeling in biology, social science and economy- theory and applications.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Implementation and visualization of a chosen agent-based model such as the Schelling model of spatial segregation in cities, Reynolds boids, etc.	4
La2	Zipf analysis of selected texts	2
La3	Implementation of the selected cellular automata such as the Wolfram's one dimensional system, Game of Life, Langton Ant, etc.	4
La4	Monte Carlo simulations of the percolation model – clusters, paths and criticality	4
La5	Acquiring empirical data from the internet and representing them in a form of a network	2
La6	Calculating basic properties of complex networks, including: degree distribution, average degree, shortest path, average path length, clustering coefficients, degree correlations, robustness	4
La7	Implementing basic contact processes on graphs	4
La8	Designing, developing, verifying and validating models – the team project	6
	Suma godzin	30

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
<p>N1. lecture with multimedia presentation</p> <p>N2. team project</p> <p>N3. discussions, student's presentations</p> <p>N4. written reports</p> <p>N5. computer laboratory – programming in C++, Python, Julia or other programming language</p> <p>N6. digital resources</p> <p>N7. consultations</p>

#### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEU_U0, PEU_U02, PEK_K01- PEK_K03	discussions, progress check in computer lab
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEU_U0, PEU_U02, PEK_K01-	final presentation and written report related to the team project

	PEK_K03	
P=(F1+F2)/2		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] J. Ladyman, K. Wiesner, What Is a Complex System?, Yale University Press (2020)
- [2] S. Thurner, R. Hanel, and P. Klimek, Introduction to the Theory of Complex Systems, Oxford University Press (2018)
- [3] A. L. Barabási, Network Science, Cambridge University Press (2016)
- [4] M. Newman, Networks: An Introduction, Oxford University Press (2010)
- [5] J. H. Miller, S. E. Page, Complex Adaptive Systems, Princeton University Press (2007)

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [6] T. M. Cover, J. A. Thomas, Elements of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc. (2006)
- [7] N. R. Moloney, K. Christensen, Complexity and Criticality, Imperial College Press (2005)
- [8] I. Białynicki-Birula, I. Białynicka-Birula, Modeling Reality, Oxford University Press (2004)
- [9] Stephen Wolfram, A New Kind of Science, Wolfram Media (2002)
- [10] P. Bak, How Nature Works, Springer (1996)
- [11] Original articles

### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

Prof. dr hab. Katarzyna Weron (katarzyna.weron@pwr.edu.pl)