

KARTA PRZEDMIOTU OFEROWANEGO W SZKOLE DOKTORSKIEJ

Kod przedmiotu	4606-PS-000CFJL-0119	Nazwa przedmiotu	w j. polskim	Sieci złożone: przykłady, własności, modelowanie i zastosowania		
			w j. angielskim	Complex networks: examples, description methods, models, and applications		
Przynależność do grupy przedmiotów	przedmioty ogólne / warsztat badacza / przedmioty specjalnościowe					
Koordinator przedmiotu	dr hab. inż. Agata Fronczak, prof. ucz.					
Jednostka realizująca	Wydział Fizyki	Dyscyplina/y naukowa*	Nauki fizyczne, matematyka, informatyka, informatyka techniczna i telekomunikacja, inżynieria lądowa i transport			
Poziom kształcenia	Kształcenie doktorantów	Semestr	zimowy/letni			
Język zajęć	polski/angielski					
Forma zaliczenia:	zaliczenie na ocenę	Sumaryczna liczba godzin w semestrze	45	Sumaryczna liczba ECTS	3	
Minimalna liczba uczestników	10	Maksymalna liczba uczestników	20	Dostępność dla studentów	Tak/Nie	
Typ zajęć		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia projektowe	Laboratorium	Seminarium
Liczba godzin zajęć	tygodniowo	2 (przez 13 tygodni)		1 (przez 13 tyg.)		3 (2 ostatnie tyg. semestru)
	łącznie w semestrze	26		13		6

* nie dotyczy warsztatu badacza

1. Wymagania wstępne

znajomość algebry i analizy matematycznej na podstawowym poziomie;
mile widziana umiejętność programowania (w dowolnym języku programowania);

2. Cele przedmiotu

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z interdyscyplinarną tematyką badawczą jaką jest nauka o sieciach złożonych. Przykładami sieci złożonych są: sieci społecznościowe (Facebook, LinkedIn etc.), WWW, Internet, sieci komunikacyjne (np. sieć połączeń lotniczych, kolejowych), sieci energetyczne, sieci oddziaływań między proteinami i in. Wszystkie wymienione sieci, pomimo funkcjonalnej różnorodności, mają wiele wspólnych cech strukturalnych. Podczas wykładu student zapozna się z podstawowymi metodami opisu układów sieciowych, pozna podstawowe modele sieci złożonych i zrozumie, w jaki sposób struktura sieci wpływa na nietrywialne własności tych układów (takie jak: ich odporność na przypadkowe uszkodzenia, czy ich wyjątkowa nawigowalność). Podczas zajęć studenci poznają też „od kuchni” kilka komercyjnych zastosowań nauki o sieciach złożonych, takich jak: algorytm Google PageRank i systemy rekomendujące.

3. Treści programowe (dla każdego typu zajęć oddzielnie)

Wykład

- (4h) Przykłady rzeczywistych sieci złożonych i podstawowe własności tych układów (w tym: efekt małych światów, gromowanie, bezskalowość, ukryte przestrzenie metryczne).
- (4h) Podstawowe modele sieci złożonych (np. grafy przypadkowe, sieci ewoluujące BA)
- (2h) Miary centralności węzłów i połączeń międzywęzłowych (np. PageRank)
- (4h) Odporność sieci na przypadkowe błędy i celowe ataki (perkolacja etc.)
- (4h) Procesy rozprzestrzeniania się w sieciach złożonych (np. dyfuzja, epidemie)
- (2h) Własności sieci społecznych: siła słabych więzi i struktury wspólnotowe (oraz algorytmy ich detekcji)
- (2h) Systemy rekomendujące jako sieci dwudzielne (czyli metody predykcji w sieciach złożonych)
- (4h) Wykłady praktyczne (A. Wstęp do symulacji numerycznych sieci złożonych w Phytonie; B. Analiza i wizualizacja sieci z użyciem darmowych platform oprogramowania typu CytoScape).

W sumie: 26 h.

Projekt

Projekt jest uzupełnieniem - w zakresie umiejętności praktycznych – treści omawianych na wykładzie. Na pierwszych zajęciach prowadzący prezentuje studentom listę możliwych do realizacji projektów (studenci mogą też realizować zgłoszone przez siebie projekty autorskie; zakres takich projektów powinien być skonsultowany z prowadzącym zajęcia). Projekty mogą:

1. mieć charakter programistyczny (np. symulacja numeryczna modelu sieciowego lub wybranego procesu dynamicznego zachodzącego na/w sieci),
2. być związane z analizą sieciowych danych rzeczywistych lub
3. polegać na prezentacji pewnego zagadnienia teoretycznego, praktycznego lub algorytmicznego związanego z ogólnie pojętą tematyką sieci złożonych.

Przykładowe tematy projektów:

1. Analiza i wizualizacja sieci społecznej bohaterów serialu „Gra o Tron”
2. Analiza własności sieci handlu światowego.
3. Dwudzielna sieć utworzona z liczb pierwszych i złożonych: własności i modelowanie
4. Algorytm do wyznaczania wymiaru pudełkowego sieci złożonych
5. Symulacja numeryczna ewoluującej sieci ważonej będącej modelem sieci przelotów lotniczych
6. Modelowanie rozprzestrzeniania się epidemii w sieciach złożonych
7. Badanie podatności sieci elektrycznych na kaskady ustek
8. Systemy rekomendujące wykorzystujące ideę struktur wspólnotowych
9. *projekt literaturowy*: Algorytm wart milion dolarów, czyli kulisy Netflix Grand Prize 2009
projekt literaturowy: Jak Facebook pomógł Donaldowi Trumpowi zostać prezydentem USA, czyli algorytmy do tworzenia profili psychodemograficznych użytkowników portali społecznościowych

Seminarium

Wyniki uzyskane podczas realizacji projektów będą prezentowane podczas seminaryjnej części przedmiotu.

4. Efekty uczenia się

Rodzaj efektu	Opis efektu uczenia się	Odniesienie do efektów uczenia się w SD PW	Sposób weryfikacji efektów uczenia*
Wiedza			
W01	Ma rozszerzoną wiedzę w zakresie modelowania interdyscyplinarnego, ze szczególnym naciskiem położonym na układy o strukturze sieci złożonych.	SD_W1, SD_W2	kolokwium pisemne, ocena prezentacji
W02	Zna podstawowe algorytmy i struktury danych wykorzystywane podczas analizy rzeczywistych układów o strukturze sieci	SD_W2	prace domowe, ocena projektu
W03	Ma świadomość współczesnych kierunków badań w zakresie sieci złożonych.	SD_W3	kolokwium pisemne, ocena prezentacji
Umiejętności			
U01	Potrafi pozyskiwać informacje z literatury naukowej i specjalistycznej, baz danych oraz innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	SD_U1, SD_U2, SD_U7	ocena projektu, ocena prezentacji
U02	Potrafi sprawnie posługiwać się pojęciami dotyczącymi analizy danych w odniesieniu do sieci rzeczywistych oraz wykorzystywać gotowe narzędzia programistyczne do sprawdzenia zgodności modelu z danymi rzeczywistymi	SD_U4	prace domowe, ocena projektu
U03	Potrafi zastosować metody symulacyjne do rozwiązywania złożonych zagadnień projektowych z zakresu modelowania interdyscyplinarnego.	SD_U7	prace domowe, ocena projektu
Kompetencje społeczne			

K01	Ma świadomość ważności i rozumie aspekty i skutki postępującego usieciowienia współczesnego świata, w tym jego wpływu na rozwój społeczeństwa, i związanych z tym zagrożeń i korzyści.	SD_K1, SD_K2,	ocena prezentacji
K02	Potrafi w sposób kreatywny wykorzystywać metody opisu oferowane przez nauki ścisłe w innych dziedzinach nauki i gospodarki.	SD_K4	ocena projektu

* dozwolone sposoby weryfikacji efektów uczenia się: egzamin; egzamin ustny; kolokwium pisemne; kolokwium ustne; ocena projektu; ocena sprawozdania; ocena raportu; ocena prezentacji; ocena aktywności w trakcie zajęć; prace domowe; test

5. Kryteria oceny

Ocena z przedmiotu zależy od sumy punktów uzyskanych przez studenta podczas semestru.

Wspomniane punkty będzie można uzyskać:

1. rozwiązując prace domowe (termin rozliczenia: z wykładu na wykład; za każdą pracę domową będzie można uzyskać 1 lub 2 punkty w zależności od jej stopnia trudności, maksymalna liczba punktów do uzyskania w taki sposób wynosi 15 punktów),
2. przygotowując projekt (druga połowa semestru, każdy student będzie realizował jeden oryginalny projekt; rozliczenie projektu będzie polegało na prezentacji uzyskanych wyników lub prezentacji określonego zagadnienia teoretycznego/algorytmicznego związanego z tematyką przedmiotu; maksymalna liczba punktów do uzyskania w taki sposób wynosi 15 punktów),
3. pisząc kolokwium zaliczeniowe (kolokwium zostanie zorganizowane na ostatnich zajęciach lub podczas sesji; student będzie miał za zadanie rozwiązać 3 zadania rachunkowe lub problemowe związane z zagadnieniami omawianymi na wykładzie; lista takich zagadnień będzie tworzona w trakcie semestru za każde poprawnie rozwiązane zadanie będzie można uzyskać 5 punktów, co w sumie daje 15 punktów).

Przelicznik punktów na oceny ma postać:

(30 – 40): ocena 5

(26 – 30): ocena 4,5

(21 – 25): ocena 4

(16– 20): ocena 3,5

(10 – 15): ocena 3

(0 – 9): ocena 2.

6. Literatura

Literatura podstawowa:

1. Materiały w postaci prezentacji multimedialnych udostępnione przez prowadzącego zajęcia.
2. A. Fronczak, P. Fronczak, *Świat Sieci Złożonych: od Fizyki do Internetu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, wydanie 2-gie poprawione (2021).

Literatura uzupełniająca:

1. A. Barrat et al., *Dynamical processes on complex networks*, Cambridge Univ. Press (2008).
2. M.E.J. Newman, *Networks: An introduction*, Oxford Univ. Press (2010).
3. G. Caldarelli, A. Chessa, *Data science and complex networks*, Oxford Univ. Press (2016).

7. Nakład pracy doktoranta niezbędny do osiągnięcia efektów uczenia się**

Lp.	Opis	Liczba godzin
1	godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim wynikające z planu	32
2	Godziny kontaktowe z nauczycielem akademickim w ramach konsultacji, egzaminów, sprawdzianów itp.	5
3	Godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do zajęć oraz opracowania sprawozdań, projektów, prezentacji, raportów, prac domowych	40 (15 prace domowe)

		z wykładu + 20 przygotowanie projektu + 5 przygotowanie prezentacji na seminarium)
4	godziny pracy samodzielnej doktoranta w ramach przygotowania do egzaminu, sprawdzianu, zaliczenia	10
Sumaryczny nakład pracy doktoranta		87
Liczba punktów ECTS		3

** 1 ECTS pracy = 25-30 godzin nakładu pracy doktoranta (np. 2 ECTS = 60 godzin; 4 ECTS = 110 godzin)