**Nazwa przedmiotu:**

Modelowanie Sieci Złożonych

**Koordynator przedmiotu:**

Dr hab. inż. Agata Fronczak, prof. uczelni

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Fizyka Techniczna

**Grupa przedmiotów:**

Obowiązkowe

**Kod przedmiotu:**

1050-FTEDM-MSP-2MSZ

**Semestr nominalny:**

1 / rok ak. 2020/2021

**Liczba punktów ECTS:**

3

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

1. godziny kontaktowe – 48 h; w tym
 a) obecność na wykładach – 30 h
 c) obecność na egzaminie – 3 h
 d) uczestniczenie w konsultacjach – 15 h
2. praca własna studenta 27 h; w tym
 a) zapoznanie się z literaturą – 22 h
 b) przygotowanie do egzaminu – 5 h

Razem w semestrze 75 h, co odpowiada 3 pkt. ECTS

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

1. obecność na wykładach – 30 h
2. obecność na egzaminie – 3 h
3. uczestniczenie w konsulatacjach – 15 h

Razem w semestrze 48 h, co odpowiada 2 pkt. ECTS

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

0

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 0h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Przedmiot poprzedzający: Fizyka Statystyczna i termodynamika.
Podstawowa wiedza z analizy matematycznej, rachunku prawdopodobieństwa.

**Limit liczby studentów:**

30

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z modelowaniem struktur sieciowych i procesów zachodzących w układach o takiej strukturze.

**Treści kształcenia:**

1) Wstęp (Złożoność oddziaływań i zjawisk we współczesnym świecie. Uniwersalność modeli sieciowych)
2) Podstawy matematyczne modeli sieciowych (teoria grafów, grafy regularne, grafy przypadkowe, teoria Erdősa - Rényi, grafy skierowane i nieskierowane, drzewa, model Cayleya, ścieżki, drogi, pętle, funkcje generujące. Parametry geometryczne i statystyczne sieci, macierz sąsiedztwa Aij, widmo grafu, średnia droga l(N), rozkład stopni wierzchołków P(k), współczynnik gronowania, C(N), samopodobieństwo sieci, korelacje w sieci)
3) Model sieci ewoluujących BA (Barabasi, Albert) (Reguły wzrostu sieci i preferencyjnego przyłączania, analiza za pomocą równania ciągłości, równania wzrostu oraz równania master, porównanie modelu z danymi empirycznymi, graniczne przypadki modelu)
4) Sieci małych światów (Dane empiryczne - reguła sześciu stopni separacji. Model Wattsa - Strogatza, definicja modelu, analiza podstawowych własności l(N), P(k), C(N))
5) Przykłady i własności sieci rzeczywistych (Internet (powiązania między komputerami i powiązania pomiędzy domenami), WWW (powiązania dokumentów hipertekstowych), sieci komunikacyjne, sieci społeczne (sieci współpracy naukowców, sieci współpracy aktorów), sieci elektryczne, sieci zależności pokarmowych, sieci metaboliczne, sieci rzek, sieci lingwistyczne, sieci ekonomiczne, sieci seksualne, sieci rozmów telefonicznych, sieci neuronowe, sieci cytowań)
6) Sieci ewoluujące z przyspieszonym wzrostem (Prawa skalowania. Rozkład stopni wierzchołków. Zastosowania do analizy statystyki dochodów ludności)
7) Modele sieci hierarchicznych (Idea bloków samopodobnych. Sieci fraktalne. Sieci o strukturze modułowej)
8) Przejścia fazowe w sieciach samopodobnych (Perkolacja, zależność punktu krytycznego od wykładnika skalowania i wielkości sieci, odporność Internetu na przypadkowe usterki i celowe ataki. Uporządkowania ferromagnetyczne w sieciach samopodobnych, teoria pola średniego, temperatura krytyczna. Kondensacja Bosego- Einsteina w sieciach samopodobnych)
9) Zastosowania modeli sieci ewoluujących (Modele rozprzestrzeniania się chorób zakaźnych, strategie przeciwdziałania epidemiom, metody routingu (znajdowania najkrótszej drogi w sieciach komputerowych), wirusy komputerowe, bezpieczeństwo w Internecie; odporność genotypu na mutacje (sieci metaboliczne), równowaga w sieciach ekologicznych)

**Metody oceny:**

brak

**Egzamin:**

tak

**Literatura:**

1. Notatki z wykładu. Prezentacje umieszczone przez prowadzącego na stronie wykładu: www.if.pw.edu.pl/~agatka/sieci.html
2. Świat sieci złożonych. Od fizyki do Internetu, A. Fronczak, P. Fronczak, PWN (2009)
3. Networks. An Introduction, M. Newman, Oxford University Press (2011)

**Witryna www przedmiotu:**

brak

**Uwagi:**

Wykład jest przeglądem najnowszych osiągnięć w zakresie nowej interdyscyplinarnej nauki o sieciach. Obserwowane na przełomie ostatnich lat duże zainteresowanie dynamiką układów złożonych o architekturze sieciowej, oraz mnogość podejmowanych inicjatyw interdyscyplinarnych z tego zakresu są w dużym stopniu motywowane dużym rosnącym strategicznym znaczeniem tych układów.
Badania nad strukturą sieci, niezawodnością funkcjonowania tych układów oraz ich odpornością na celowe ataki i przypadkowe defekty mają wielkie znaczenie praktyczne w wielu działach nauki i techniki. Dzięki takim badaniom możliwe jest nie tylko prognozowanie dalszego wzrostu sieci, ale też mądre gospodarowanie zasobami tych układów oraz formułowanie procedur postępowania w sytuacjach kryzysowych. Wyżej wymienione zagadnienia stanowią treść proponowanego wykładu.

## Efekty przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Efekt 2MSZ\_W01:**

Zna podstawowe fizyczne i matematyczne metody modelowania sieci złożonych.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W02

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W02, T2A\_W01, T2A\_W02

**Efekt 2MSZ\_W02:**

Ma rozszerzoną wiedzę z zakresu elementów teorii grafów, teorii przemian fazowych, metod równowagowej i nierównowagowej fizyki statystycznej, metod symulacji Monte-Carlo i uczy się, jak wykorzystać te narzędzia do analizy rzeczywistych układów złożonych.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W03, X2A\_W04, X2A\_W05, T2A\_W03, T2A\_W04, InzA\_W02, InzA\_W05

**Efekt 2MSZ\_W03:**

Ma świadomość współczesnych kierunków badań w zakresie sieci złożonych.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_W04

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_W06, T2A\_W05, T2A\_W07

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Efekt 2MSZ\_U01:**

Potrafi zastosować zdobytą wiedzę do opisu zjawisk, które nie należą do tradycyjnego obszaru zainteresowań fizyki (fizyka sieci złożonych).

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_U17

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_U02, T2A\_U18

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Efekt 2MSZ\_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.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K03

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K06, T2A\_K02

**Efekt 2MSZ\_K02:**

Potrafi w sposób kreatywny wykorzystywać narzędzia fizyki i matematyki w innych dziedzinach nauki i gospodarki.

Weryfikacja:

egzamin

**Powiązane efekty kierunkowe:** FT2\_K01

**Powiązane efekty obszarowe:** X2A\_K07, T2A\_K06