

**Zespół Autorski:**

*dr inż. Marek Niewiński*  
*dr inż. Dominik Kasprówicz*

**Metody Monte Carlo (MMC)**  
**(Monte Carlo Methods)**

**Poziom kształcenia:** *II stopień*

**Forma i tryb prowadzenia przedmiotu:** *stacjonarna*

**Kierunek studiów:** *Elektronika*

**Specjalność:** *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

**Klasy programowe:**

**Poziom przedmiotu:** *zaawansowany*

**Status przedmiotu:** *obieralny*

**Język przedmiotu:** *polski*

**Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):**

**Minimalny numer semestru:** *1*

**Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:** *brak*

**Limit liczby studentów:** *30*

**Powód zgłoszenia przedmiotu:** *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

**Cel przedmiotu:**

*Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z metodami symulacyjnymi znanymi powszechnie jako metody Monte Carlo. Stanowią one obecnie coraz powszechniej stosowane narzędzie do rozwiązywania bardzo złożonych problemów spotykanych w nauce i technice.*

*Kolejnym - praktycznym celem - jest przygotowanie studentów do samodzielnego wykonywania obliczeń symulacyjnych metodami MC - przy użyciu dostępnych narzędzi programistycznych - oraz poprawnego szacowania niepewności uzyskiwanych wyników.*

**Treść kształcenia:**

**Informacje ogólne:**

*Bloki wykładowe dwugodzinne; bloki laboratoryjne dwugodzinne. Zajęcia laboratoryjne realizowane w drugiej części semestru. Zaliczenie przedmiotu na podstawie liczby punktów uzyskanej podczas dwóch kolokwii wykładowych oraz na zajęciach laboratoryjnych.*

**Opis wykładu:** *(szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)*

- *Przypomnienie podstawowych pojęć z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Elementy testowania hipotez statystycznych.*

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

- *Generowanie liczb losowych. Przegląd typów generatorów liczb losowych: generatory prawdziwie losowe, pseudolosowe oraz Quasi losowe. Ich podstawowe wady i zalety. Pakiety testów statystycznych. Testy aplikacyjne.*
- *MCMC (Markov Chain Monte Carlo). Pojęcie łańcucha Markowa. Model błędzenia przypadkowego. Algorytmy Metropolisa-Hastingsa i Gibbsa – efektywne próbkowanie z rozkładów wielowymiarowych.*
- *Całkowanie metodą podstawową MC. Metody redukcji wariancji. Pojęcie niepewności wyników symulacji MC.*
- *Rozwiązywanie równań transportu dla gazu klasycznego i dla gazu elektronowego z uwzględnieniem zjawisk rozpraszania.*
- *Typy aplikacji do symulacji MC. Dobre praktyki podczas tworzenia własnego oprogramowania.*
- *Model perkolacji i jego zastosowania.*
- *Model propagacji niepewności : ISO/IEC GUIDE 98-3:2008. Propagacja rozkładów zmiennych losowych – szacowanie rozrzutów parametrów układów elektronicznych, uzysku produkcyjnego.*
- *Zastosowania metod MC w optymalizacji.*
- *Symulacja działania Systemów Masowej Obsługi dla nietypowych rozkładów zmiennych losowych.*
- *Algorytm „Monte Carlo tree search” i jego zastosowania.*
- *Szacowanie ryzyka metodami MC na przykładzie szacowanie wartości instrumentów pochodnych i ryzyka inwestycyjnego.*
- *Krytyczna analiza wyników otrzymywanych metodami MC na przykładzie wybranych współczesnych publikacji naukowych .*
- *Dwa kolokwia wykładowe.*

### **Laboratorium:**

- *Badanie efektywności generatorów liczb pseudolosowych w wybranych językach programowania.*
- *Generacja liczb losowych o wybranych rozkładach nierównomiernych.*
- *Całkowanie metodami Monte Carlo, metody ograniczenia niepewności wyników.*
- *Całkowanie metodami Monte Carlo wykorzystującymi łańcuchy Markowa.*
- *Szacowanie uzysku produkcyjnego za pomocą modelowania propagacji rozkładów prawdopodobieństwa.*
- *Rozwiązywanie równań różniczkowych metodą błędzenia przypadkowego.*
- *Zastosowanie perkolacji do modelowania rozprzestrzeniania się epidemii.*
- *Szacowanie wartości instrumentów pochodnych w finansach oraz ryzyka inwestycji.*

### **Projekt: brak**

### **Egzamin: nie**

### **Literatura:**

1. Wit R.: *Metody Monte Carlo*, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, 2004.
2. Gentle J.E.: *Random Number Generation and Monte Carlo Methods*, Springer-Verlag, NY, 2003

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

3. Reuven Y. Rubinstein, Dirk P. Kroese: *Simulation and the Monte Carlo Method 3rd Edition*, Wiley Series in Probability and Statistics, 2016

### Oprogramowanie:

*Na zajęciach laboratoryjnych używane będzie oprogramowanie typu Open Source*

**Wymiar godzinowy zajęć:**            W      C      L      P  
   2      -      1      -      (45)

**Wymiar w jednostkach ECTS:**    4

### Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym
  - obecność na wykładach 30 godz.,
  - obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
  - obecność na laboratorium 15 godz.,
  - udział w konsultacjach 15 godz.
  
2. praca własna studenta – 35 godz., w tym
  - przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
  - przygotowanie do laboratoriów 8 godz.,
  - przygotowanie do kolokwii 20 godz.,
  - wykonywania zadań projektowych 0 godz.,
  - przygotowanie sprawozdań (laboratoria) 7 godz.

**Łączny nakład pracy studenta wynosi 95 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.**

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,5 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,5 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. zajęć laboratoryjnych, 8 godz. przygotowywania się do zajęć laboratoryjnych i 7 godz. przygotowania sprawozdań.**

### Efekty kształcenia/uczenia się:

*(tabelę wypełniamy wyszukując najbliższe efekty wykazane w pliku*

*<https://www.bip.pw.edu.pl/var/pw/storage/original/application/bd44a5022df461a12fbc406ce776042f.pdf>*

<b>Efekty kształcenia/uczenia się</b> student, który zaliczył przedmiot:	<b>forma zajęć/ technika kształcenia</b>	<b>sposób weryfikacji (oceny)</b>	<b>odniesienie do efektów uczenia się dla programu</b>
---	--	---	--

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

<b>WIEDZA</b>			
Ma uporządkowaną wiedzę na temat algorytmów generacji liczb pseudolosowych oraz quasi losowych o dowolnych rozkładach ciągłych i dyskretnych	Wykład, zajęcia laboratoryjne	Kolokwium, ocena zajęć laboratoryjnych	W01
Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych algorytmów symulacji MC wykorzystywanych przy modelowaniu transportu gazów (w tym gazu elektronowego w ciele stałym) w aspekcie ich zastosowań w elektronice.	Wykład	Kolokwium	W01
Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych algorytmów symulacji MC stosowanych w obszarach optymalizacji, propagacji niepewności (zastosowania w metrologii i przy szacowaniu ryzyk).	Wykład, zajęcia laboratoryjne	Kolokwium, ocena zajęć laboratoryjnych	W01
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
Posiada umiejętność wyznaczania wartości całek wielowymiarowych wykorzystując algorytm MC. Ma podstawową wiedzę na temat algorytmów redukcji niepewności wyników i potrafi je praktycznie zastosować.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	U16
Potrafi wskazać ograniczenia stosowalności metod MC oraz krytycznie analizować uzyskane wyniki symulacyjne.	Wykład	Kolokwium	U15
Posiada umiejętność poprawnego szacowania wartości niepewności obliczeń symulacyjnych (standardową i/lub złożoną)	Wykład, zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	U7
Posiada umiejętność praktycznego wykorzystania typowych modeli symulacyjnych tj. model Isinga, model perkolacji, model błędzenia przypadkowego.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	U7
Potrafi zastosować model propagacji rozkładów zmiennych losowych do szacowania rozrzutów wybranych parametrów układów elektronicznych.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	U7
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			