

## WYDZIAŁ MATEMATYKI

### KARTA PRZEDMIOTU

**Nazwa w języku polskim: Badania operacyjne**

**Nazwa w języku angielskim: Operational Research**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Matematyka i Statystyka**

**Stopień studiów i forma: 1 stopień, stacjonarna /niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny /ogólnouczelniany \***

**Kod przedmiotu MAT001617**

**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)	120				
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	4				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2				
W tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	2				

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

Algebra, Analiza matematyczna, Wprowadzenie do teorii prawdopodobieństwa,

### CELE PRZEDMIOTU

C1 Poznanie pojęć i metod badań operacyjnych.

C2 Poznanie sformułowań zadań badań operacyjnych.

C3 Poznanie podstaw analizy dla systemów dynamicznych.

C5 Poznanie modeli i analizy stochastycznych systemów sterowania.

C6 Zastosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu rozwiązywania zagadnień teoretycznych i praktycznych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01. Zna sformułowania problemów badań operacyjnych.

PEK\_W02. Ma podstawową wiedzę o zastosowaniach i znaczeniu metod badań operacyjnych.

PEK\_W03. Rozpoznaje sytuacje wymagające stosowania metod badań operacyjnych w celu rozwiązania praktycznych problemów.

PEK\_W04. Zna ograniczenia metod analitycznych i możliwości numerycznej analizy

<p>modeli dynamicznych.</p> <p>PEK_W05. Zna stochastyczne metody w badaniach operacyjnych.</p> <p>Z zakresu umiejętności:</p> <p>PEK_U01. Potrafi sformułować zadanie modelowania procesu w dogodnej do analizy formie.</p> <p>PEK_U02. Potrafi zastosować właściwy algorytm do rozwiązania zadania w zakresie badań operacyjnych.</p> <p>PEK_U03. Umie zastosować metody optymalizacji, i metody analityczne lub numeryczne ich analizy, w celu rozwiązania praktycznych problemów.</p> <p>PEK_U04. Potrafi rozpoznać zagadnienia optymalizacyjne do których właściwe metody oparte są na wykorzystaniu aparatu stochastycznego.</p> <p>Z zakresu kompetencji społecznych:</p> <p>PEK_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu.</p> <p>PEK_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.</p> <p>PEK_K03. Rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>TREŚCI PROGRAMOWE</b>		
<b>Forma zajęć - wykłady</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Programowanie dynamiczne -- algorytm. Sterowanie układem deterministycznym z czasem dyskretnym.	2
Wy2	Procesy z czasem dyskretnym. Łańcuchy Markowa. Warunkowa wartość oczekiwana. Martyngały i momenty zatrzymania.	2
Wy3	Markowskie procesy decyzyjne. Równanie Bellmana.	2
Wy4	Modele z nieskończonym horyzontem-podstawy. Modele decyzyjne markowskie z dyskontowaniem wypłat. Minimalizacja średniego kosztu na jednostkę. Średnia wypłata i inne kryteria.	4
Wy5	Przykłady zastosowań markowskich procesów decyzyjnych w zagadnieniach odnowy, optymalizacji serwisu.	2
Wy6	Sterowanie optymalne układu w czasie ciągłym. Równanie Hamiltona-Jakobiego-Bellmana.	2
Wy7	Systemy liniowe z kwadratową funkcją kosztu i pełną obserwacją stanu. Zadanie sterowania zapasami.	2
Wy8	Systemy z niepewną obserwacją stanu. Iteracyjne wyznaczanie funkcji wartości.	2
Wy9	Aproksymacja rozwiązania równania Bellmana.	2
Wy10	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych.	2
Wy11	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych-przypadek łańcucha Markowa. Problem wyboru najlepszego obiektu.	2
Wy12	Optymalne zatrzymywanie ciągów nieskończonych. Przypadek łańcucha Markowa.	2
Wy13	Problem wykrywania rozregulowania.	2

Wy14	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		<b>Liczba godzin</b>
Ćw1	Przykłady deterministycznych układów sterowania z czasem dyskretnym.	2
Ćw2	Analiza własności łańcuchy Markowa. Badanie stacjonarności i ergodyczności. Klasyfikacja stanów. Warunkowa wartość oczekiwana. Martyngały i momenty zatrzymania.	2
Ćw3	Konstrukcja markowskiego procesu decyzyjnego dla wybranych przykładów. Analiza równania Bellmana dla skonstruowanego MDP.	2
Ćw4	Badanie własności modeli z nieskończonym horyzontem. Przypadek modeli decyzyjnych markowskich z dyskontowaniem wypłat. Minimalizacja średniego kosztu na jednostkę. Średnia wypłata i inne kryteria.	4
Ćw5	Przykłady zastosowań markowskich procesów decyzyjnych w zagadnieniach odnowy, optymalizacji serwisu.	2
Ćw6	Analiza przykładowych układów sterowania w czasie ciągłym. Wyznaczenie sterowania optymalnego. Badanie równanie Hamiltona-Jakobiego-Bellmana.	2
Ćw7	Wyznaczenie sterowania i wartości kryterium dla systemu liniowego z kwadratową funkcją kosztu i pełną obserwacją stanu. Zadanie sterowania zapasami.	2
Ćw8	Analiza systemu z niepewną obserwacją stanu. Iteracyjne wyznaczanie funkcji wartości.	2
Ćw9	Aproksymacja rozwiązania równania Bellmana.	2
Ćw10	Wyznaczanie rozwiązania zadania optymalnego zatrzymywania ciągów skończonych.	2
Ćw11	Analiza zadań optymalnego zatrzymywania ciągów-przypadek łańcucha Markowa. Przykłady zastosowań: problem wyboru najlepszego obiektu, sekwencyjne testy.	4
Ćw12	Analiza wybranych przykładów problemu wykrywania rozregulowania.	2
Ćw13	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### **STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE**

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta-przygotowanie do ćwiczeń.

### **OCENA OSIĄGNIĘCIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02	odpowiedzi ustne, kartkówki

	PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_K01 PEK_K02	
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 PEK_U04 PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	kolokwium
P=0,4*F1+0,6*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Dimitri P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, vol. 1, Athena Scientific, Belmont, MA: 2005.
- [2] Dimitri P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, vol. 2, Athena Scientific, Belmont, MA: 2007.
- [3] Harold Kushner: Wprowadzenie do teorii sterowania stochastycznego. WNT, 1983.
- [4] A.N. Shiryaev. Optimal Stopping Rules. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1978.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J. P. Aubin, Optima and Equilibria. An Introduction to Nonlinear Analysis, Springer, Berlin 1993.
- [2] Wayne I. Winston: introduction to mathematical programming: applications and algorithms, 1991.

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

Dr hab. inż. Anna Jaskiewicz

Dr hab. Inż. Krzysztof Szajowski (krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU**  
**Badania operacyjne**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU MATEMATYKA I STATYSTYKA**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
PEK_W01 (wiedza)	K1MIS_W01,K1MIS_W02, K1MIS_W12,K1MIS_W13, K1MIS_W14,K1MIS_W15, K1MIS_W20_MAT, K1MIS_W21_MAT	C1—C3	Wy1—Wy3	1,3,4
PEK_W02	K1MIS_W01,K1MIS_W02, K1MIS_W12,K1MIS_W13, K1MIS_W14,K1MIS_W15, K1MIS_W20_MAT, K1MIS_W21_MAT	C2—C4	Wy2—Wy5	1,3,4
PEK_W03	K1MIS_W01,K1MIS_W02, K1MIS_W12,K1MIS_W13, K1MIS_W14,K1MIS_W15, K1MIS_W20_MAT, K1MIS_W21_MAT	C2—C4	Wy4—Wy8	1,3,4
PEK_W04	K1MIS_W01,K1MIS_W02, K1MIS_W12,K1MIS_W13, K1MIS_W14,K1MIS_W15, K1MIS_W20_MAT, K1MIS_W21_MAT	C4—C6	Wy8—Wy9	1,3,4
PEK_W05	K1MIS_W01,K1MIS_W02, K1MIS_W12,K1MIS_W13, K1MIS_W14,K1MIS_W15, K1MIS_W20_MAT, K1MIS_W21_MAT	C4—C6	Wy8—Wy14	1,3,4
PEK_U01 (umiejętności)	K1MIS_U04, K1MIS_U07, K1MIS_U10, K2MIS_U13, K1MIS_U30_MAT, K1MIS_U31_MAT	C1—C3	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_U02	K1MIS_U04, K1MIS_U07, K1MIS_U10, K2MIS_U13, K1MIS_U30_MAT, K1MIS_U31_MAT	C1—C3	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_U03	K1MIS_U04, K1MIS_U07, K1MIS_U10, K2MIS_U13, K1MIS_U30_MAT, K1MIS_U31_MAT	C2—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_U04	K1MIS_U04, K1MIS_U07, K1MIS_U10, K2MIS_U13, K1MIS_U30_MAT, K1MIS_U31_MAT	C4—C6	Ćw1-Ćw13	2,3,4
PEK_K01 (kompetencje)	K1MIS_K01, K1MIS_K03, K1MIS_K04, K1MIS_K05, K1MIS_K06	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy13, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K02	K1MIS_K01, K1MIS_K03, K1MIS_K04, K1MIS_K05, K1MIS_K06	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy14, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K03	K1MIS_K01, K1MIS_K03, K1MIS_K04, K1MIS_K05, K1MIS_K06	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy14, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej