

**WYDZIAŁ MATEMATYKI
KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim: Optymalne Sterowanie

Nazwa w języku angielskim: Optimal Control

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS

Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION

Stopień studiów i forma: 2 stopień, stacjonarna /niestacjonarna*

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

Kod przedmiotu: MAT001586

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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		3		
W tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	3				

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI

Algebra, Analiza matematyczna, Wprowadzenie do teorii prawdopodobieństwa,

CELE PRZEDMIOTU

C1 Poznanie pojęć i metod modeli sterowania.

C2 Poznanie sformułowań zadań optymalnego sterowania.

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 sterowania i ich matematycznych modeli.
 PEK_W02. Rozpoznaje sytuacje wymagające stosowania metod optymalnego sterowania w celu rozwiązania praktycznych problemów.
 PEK_W03. Zna ograniczenia metod analitycznych i możliwości numerycznej analizy modeli dynamicznych.
 PEK_W04. Zna stochastyczne metody w zagadnieniach sterowania.

Z zakresu umiejętności:

- PEK_U01. Potrafi sformułować zadanie modelowania procesu sterowania w dogodnej do analizy formie.
 PEK_U02. Potrafi zastosować właściwy algorytm do rozwiązania zadania w zakresie sterowania układami z czasem ciągłym i dyskretnym.
 PEK_U03. Potrafi rozpoznać zagadnienia optymalizacyjne do których właściwe metody oparte są na wykorzystaniu aparatu stochastycznego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu.
 PEK_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.
 PEK_K03. Rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Programowanie dynamiczne -- algorytm. Sterowanie układem deterministycznym z czasem dyskretnym.	2
Wy2	Procesy z czasem dyskretnym. Łącuchy 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 rozwiązań 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	30
-------------	-----------

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
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 problem wykrywania rozregulowania.	2
Ćw13	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2
	Suma godzin	30

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

Oceny (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_K01 PEK_K02	
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 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. Krzysztof Szajowski (krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl)

Dr hab. inż. Anna Jaśkiewicz

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU
Optimal Control MAT001586
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **APPLIED MATHEMATICS**
I SPECJALNOŚCI **MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)	Cele przedmiotu**	Treści programowe**	Numer narzędzia dydaktycznego**
PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1—C6	Wy1—Wy9	1,3,4
PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	K2MST_K01, K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy14, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

** - z tabeli powyżej