

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Optymalizacja nieliniowa**  
**Nazwa w języku angielskim: Nonlinear Optimization**  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Matematyka Stosowana**  
**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce Stopień studiów i forma: 1 stopień, stacjonarna / ~~niestacjonarna~~\***  
**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany~~\***  
**Kod przedmiotu: MAP1893**  
**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)	180				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	6				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	3				
W tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	3				

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

1. Algebra, Analiza matematyczna, elementy analizy funkcjonalnej, teoria prawdopodobieństwa

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie pojęć i metod programowania matematycznego.  
 C2 Poznanie sformułowań zadań programowania liniowego i kwadratowego.  
 C3 Poznanie podstaw analizy wypukłej i jej znaczenia dla programowania matematycznego.  
 C4 Nabycie umiejętności analizy warunków koniecznych i wystarczających dla zadań optymalizacji z ograniczeniami.  
 C5 Poznanie metody programowania dynamicznego.  
 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 zadań programowania matematycznego.

PEK\_W02. Ma podstawową wiedzę o zastosowaniach i znaczeniu zadań programowania matematycznego.

PEK_W03.	Rozpoznaje sytuacje wymagające stosowania metod optymalizacji w celu rozwiązania praktycznych problemów.
PEK_W04.	Zna ograniczenia metod analitycznych i możliwości numerycznej analizy zadań optymalizacji.
PEK_W05.	Zna randomizowane metody analizy zadań programowania matematycznego.
Z zakresu umiejętności:	
PEK_U01.	Potrafi sformułować zadanie programowania matematycznego w dogodnej do analizy formie.
PEK_U02.	Potrafi zastosować właściwy algorytm do rozwiązania zadania programowania matematycznego.
PEK_U03.	Umie zastosować metody optymalizacji, i metody analityczne lub numeryczne ich analizy, w celu rozwiązania praktycznych problemów.
PEK_U04.	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.

<b>TREŚCI PROGRAMOWE</b>		
<b>Forma zajęć – wykłady</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Wprowadzenie do programowania matematycznego. Programowanie liniowe. Programowanie kwadratowe. Sformułowanie zadania programowania kwadratowego. Algorytm Wolfe'a.	2
Wy2	Zadania optymalizacji bez ograniczeń. Warunki optymalności. Metoda gradientowa -- analiza zbieżności. Metoda Newtona i jej odmiany.	2
Wy3	Elementy analizy wypukłej. Stożek wypukły. Punkty ekstremalne zbioru wypukłego. Funkcje wypukłe. Zadania optymalizacji na zbiorach wypukłych. Kierunki dopuszczalne i zastosowanie modyfikacji kierunków.	6
Wy4	Programowanie nieliniowego. Charakteryzacja ekstremów: warunki konieczne i wystarczające. Przykłady zadań programowania nieliniowego.	4
Wy5	Teoria mnożników Lagrange'a. Warunki konieczne ekstremum przy ograniczeniach w postaci równości. Metoda funkcji kary. Metoda eliminacji. Funkcja Lagrange'a.	4
Wy6	Ograniczenia w postaci nierówności. Warunki optymalności Karush-Kuhn-Tucker. Wypukłe funkcjonały kosztów i liniowe ograniczenia	2
Wy7	Programowanie dynamiczne.	2
Wy8	Deterministyczne modele sterowania z czasem dyskretnym.	2
Wy9	Stochastyczne systemy sterowania z czasem dyskretnym.	4
Wy10	Podsumowanie	2

	Suma godzin	<b>30</b>
--	-------------	-----------

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Lab1.	Ilustracja metody simpleks. Przykłady zadań programowania kwadratowego.	4
Lab2.	Zagadnienia ilustrujące własności funkcji wypukłych i zbiorów wypukłych.	4
Lab3.	Przykłady z zastosowaniem wewnętrznej i zewnętrznej funkcji kary. Ilustracja algorytmów: Schmitta-Foxa, Rosenbrocka, Carolla. Metody z zastosowaniem modyfikacji kierunków.	2
Lab4.	Pojęcie dualności a programowanie wypukłe. Funkcje sprzężone. Punkty siodłowe w grach i twierdzenie minimaksowe. Problem liniowej komplementarności i algorytm Lemekego.	4
Lab5.	Metody z zastosowaniem wewnętrznej i zewnętrznej funkcji kary. Przykłady algorytmów: Schmitta-Foxa, Rosenbrocka, Carolla. Metody z zastosowaniem modyfikacji kierunków.	4
Lab6.	Metody losowego poszukiwania ekstremum. Bezpośrednia metoda Monte Carlo. Metoda losowego gradientu.	4
Lab7.	Przykłady zadań programowania stochastycznego – modele i metody.	4
Lab8.	Przykład ilustrujące metodę programowania dynamicznego	2
Lab9.	Kolokwium	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 laboratoriów.

### 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 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_K01 PEK_K02	odpowiedzi ustne, kartkówki
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05 PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03	kolokwium

	PEK_U04 PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	
P=0,4*F1+0,6*F2		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Dimitri P. Bertsekas: Nonlinear Programming, Athena Scientific, Belmont, MA: 1999.
- [2] Bertsekas, Dimitri P. and Nedic, Angelia and Ozdaglar, Asuman E., Convex Analysis and Optimization, Athena Scientific, Belmont, MA: 2003.
- [3] Bela Martos, Programowanie nieliniowe, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1983.
- [4] Andrzej Ruszczyński, Nonlinear optimization, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2006.
- [5] R. Dautray, J. L. Lions, Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Technology, Springer, Berlin 1988-1993.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] K. Atkinson, W. Han, Theoretical Numerical Analysis – A Functional Analysis Framework, Springer, 2001.
- [2] A. Bjork, G. Dahlquist, Metody numeryczne, PWN, Warszawa 1987.
- [3] B. P. Flannery, W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, Numerical Recipes in C, Cambridge 1992.

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

Prof. Krzysztof Szajowski ([krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl](mailto:krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl))  
 Dr inż. Piotr Więcek ([Piotr.wiecek@pwr.wroc.pl](mailto:Piotr.wiecek@pwr.wroc.pl))

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
OPTYMALIZACJA NIELINIOWA  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU MATEMATYKA STOSOWANA**

<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)	K1MAT_W01,K1MAT_W02, K1MAT_W03,K1MAT_W10, K1MAT_W12,K1MAT_W13, K1MAT_W14	C1—C3	Wy1—Wy3	1,3,4
PEK_W02	K1MAT_W01,K1MAT_W02, K1MAT_W03,K1MAT_W10, K1MAT_W12,K1MAT_W13, K1MAT_W14	C2—C4	Wy2—Wy5	1,3,4
PEK_W03	K1MAT_W01,K1MAT_W02, K1MAT_W03,K1MAT_W10, K1MAT_W12,K1MAT_W13, K1MAT_W14	C2—C4	Wy4—Wy8	1,3,4
PEK_W04	K1MAT_W01,K1MAT_W02, K1MAT_W03,K1MAT_W10, K1MAT_W12,K1MAT_W13, K1MAT_W14, K1MAT_W15	C4—C6	Wy8—Wy9	1,3,4
PEK_W05	K1MAT_W01,K1MAT_W02, K1MAT_W03,K1MAT_W10, K1MAT_W12,K1MAT_W13, K1MAT_W14, K1MAT_W15	C4—C6	Wy8—Wy10	1,3,4
PEK_U01 (umiejętności)	K1MAT_U01, K1MAT_U05, K1MAT_U10, K1MAT_U11, K1MAT_U12,K1MAT_U13	C1—C3	Lab1-Lab9	2,3,4
PEK_U02	K1MAT_U01, K1MAT_U05, K1MAT_U10, K1MAT_U11, K1MAT_U12,K1MAT_U13	C1—C3	Lab1-Lab9	2,3,4
PEK_U03	K1MAT_U01, K1MAT_U05, K1MAT_U10, K1MAT_U11, K1MAT_U12,K1MAT_U13	C2—C5	Lab1-Lab9	2,3,4
PEK_U04	K1MAT_U01, K1MAT_U05, K1MAT_U10, K1MAT_U11, K1MAT_U12,K1MAT_U13	C4—C6	Lab1-Lab9	2,3,4
PEK_K01 (kompetencje)	K1MAT_K01, K1MAT_K03, K1MAT_K04, K1MAT_K05, K1MAT_K06	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy10, Lab1-Lab9	1, 2, 3, 4
PEK_K02	K1MAT_K01, K1MAT_K03, K1MAT_K04, K1MAT_K05, K1MAT_K06	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy10, Lab1-Lab9	1, 2, 3, 4
PEK_K03	K1MAT_K01, K1MAT_K03, K1MAT_K04, K1MAT_K05, K1MAT_K06K2MAT_K07	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy10, Lab1-Lab9	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

