**Nazwa przedmiotu:**

Algorytmy i metody optymalizacji

**Koordynator przedmiotu:**

Andrzej stachurski

**Status przedmiotu:**

Obowiązkowy

**Poziom kształcenia:**

Studia II stopnia

**Program:**

Automatyka i Robotyka

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne - zaawansowane

**Kod przedmiotu:**

AMO

**Semestr nominalny:**

2 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

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

Udział w wykładach: 15 x 2 godz. = 30 godz.
Wykonywanie projektu: 15 x 2 godz. = 30 godz.
Praca własna: 55 godz.
Udział w konsultacjach: 5 godz.
Łączny nakład pracy studenta: 120 godz., co odpowiada 5 ECTS

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

2

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

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

2

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

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

**Wymagania wstępne:**

**Limit liczby studentów:**

40

**Cel przedmiotu:**

Podstawowym celem wykładu jest zapoznanie studentów z pojęciem optimum, warunkami koniecznymi i dostatecznymi optymalności dla zadań optymalizacji bez ograniczeń i z ograniczeniami, pozwalającymi na weryfikację poprawności uzyskiwanych z pakietów rozwiązań. Studenci zapoznają się również z pewnymi pakietami modelowania i rozwiązywania zadań optymalizacyjnych (AMPL, MATLAB). Ponadto w ramach wykładu przedstawione zostaną elementy teorii dualności Lagrange'a oraz wybrane metody numerycznego rozwiązywania zadań optymalizacji. Szczególnie dużo uwagi poświęca się zadaniom programowania liniowego i kwadratowego. Celem dodatkowym jest zapoznanie studentów z pewnymi rzeczywistymi zastosowaniami metod optymalizacyjnych, formułowaniem modeli optymalizacyjnych oraz różnymi problemami, z którymi mogą się zetknąć w trakcie ich rozwiązywania, jak również praktycznym wykorzystaniem istniejących pakietów optymalizacyjnych, w tym w szczególności z liniowymi zadaniami mieszania/diety oraz klasyfikacji cech i wektorowych maszyn nośnych w data-miningu.

**Treści kształcenia:**

1. Zastosowania metod optymalizacyjnych, pojęcia i działy optymalizacji i programowania matematycznego. (2h)

OPTYMALIZACJA NIELINIOWA BEZ OGRANICZEŃ
2. Omówienie zastosowań optymalizacji bez ograniczeń. Pojęcie optimum, warunki konieczne i dostateczne optymalności pierwszego i drugiego rzędu dla różniczkowalnych zadań optymalizacji bez ograniczeń, kryteria weryfikacji warunków optymalności, własności zadań optymalizacji wypukłej. (2h)
3. Gradientowe metody rozwiązywania zadań bez ograniczeń, model liniowy i metoda najszybszego spadku, modele kwadratowe i metoda Newtona, algorytm Levenberga-Marquardta, zbieżność drugiego rzędu, metody quasinewtonowskie, zbieżność superliniowa, metody gradientów sprzężonych. (2h)
4. Metody obszaru zaufania, metody jednostajnych kierunków poprawy, testy stopu w minimalizacji kierunkowej - testy Goldsteina i reguła Armijo, gradientowe metody minimalizacji kierunkowej. (2h)
5. Bezgradientowe metody minimizacji kierunkowej, metoda sympleks Neldera-Meada jako przykład metody poszukiwań prostych do znalezienia minimum funkcji wielu zmiennych. (2h)

PROGRAMOWANIE LINIOWE
6. Zastosowania programowania liniowego. Postać standardowa zadania programowania liniowego, zadania sprzeczne, nieograniczone, warunki optymalności, metoda sympleks w wersji tablicowej. (2h)
7. Dwufazowa metoda sympleks, znajdowanie początkowego bazowego rozwiązania dopuszczalnego, jednofazowa metoda sympleks (metoda wielkiego "M"). (2h)

OPTYMALIZACJA NIELINIOWA Z OGRANICZENIAMI
8. Zastosowania optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami. Warunki konieczne i dostateczne optymalności Karusha-Kuhna-Tuckera dla zadań optymalizacji z ograniczeniami nierównościowymi oraz równościowymi, warunki regularności. (2h)
9. Teoria dualności Lagrange'a, pojęcie odstępu dualności, twierdzenia o słabej i silnej dualności. Zadania dualne dla różnych typów zadań programowania liniowego oraz kwadratowego. (2h)

PROGRAMOWANIE KWADRATOWE

10. Zastosowania programowania kwadratowego. Metoda uogólnionej eliminacji do rozwiązywania zadań programowania kwadratowego z ograniczeniami równościowymi. (2h)
11. Metoda ograniczeń aktywnych do rozwiązywania zadań programowania kwadratowego z ograniczeniami nierównościowymi. (2h)

METODY ROZWIĄZYWANIA ZADAŃ Z OGRANICZENIAMI

12. Metody sekwencyjnego programowania kwadratowego. (2h)
13. Metody zewnętrznej i wewnętrznej (barierowej) funkcji kary. (2h)
14. Metody rozszerzonej funkcji Lagrange'a. (2h)
15. Niesympleksowe metody wielomianowe, metoda Karmarkara oraz metody oparte na barierowej logarytmicznej funkcji kary do rozwiązywania zadań programowania liniowego. (2h)

**Metody oceny:**

Projekt, kolokwia.

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

1. Stachurski A.: Wprowadzenie do optymalizacji. Oficyna Wydawnicza PW, 2009.
2. Stachurski A., A.P. Wierzbicki: Podstawy optymalizacji, Oficyna Wydawnicza PW, 1999.
3. Brdyś J., A. Ruszczyński: Metody optymalizacji w zadaniach, WNT 1985.
4. Findeisen W., J. Szymanowski i A. Wierzbicki: Teoria i metody optymalizacji. PWN 1977.

**Witryna www przedmiotu:**

**Uwagi:**

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka AMO\_W01:**

Znajomość metody sprowadzania zadania programowania liniowego do postaci standardowej oraz metody sympleks do rozwiązywania zadania w postaci standardowej.

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka AMO\_W02:**

Znajomość teorii dualności Lagrange’a dla zadań programowania liniowego oraz ogólnych zadań optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka AMO\_W03:**

Znajomość warunków koniecznych i dostatecznych optymalności dla różniczkowalnych zadań optymalizacji nieliniowej bez ograniczeń

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka AMO\_W04:**

Znajomość podstawowych metod gradientowych i bezgradientowych poszukiwania minimum bez ograniczeń

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka AMO\_W05:**

Znajomość warunków koniecznych i dostatecznych optymalności dla różniczkowalnych zadań optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

**Charakterystyka AMO\_W06:**

Znajomość metod ograniczeń aktywnych oraz funkcji kary do rozwiązywania zadań optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami

Weryfikacja:

kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W01, K\_W04

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_WG, III.P7S\_WG.o

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka AMO\_U01:**

Umiejętność sprowadzenia zadania programowania liniowego do postaci standardowej i jego rozwiązania za pomocą metody sympleks.

Weryfikacja:

projekt, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U02:**

Umiejętność znajdowania minimum/maksimum funkcji nieliniowej metodami gradientowymi albo bezgradientowymi

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U17, K\_U03

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o, I.P7S\_UK, I.P7S\_UW

**Charakterystyka AMO\_U03:**

Umiejętność sprawdzenia, czy dany punkt jest rozwiązaniem różniczkowalnego zadania optymalizacji bez ograniczeń

Weryfikacja:

projekt, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U04:**

Umiejętność sformułowania dualnego zadania Lagrange’a do danego zadania programowania liniowego albo kwadratowego

Weryfikacja:

projekt, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U05:**

Umiejętność znajdowania rozwiązania zadania z ograniczeniami za pomocą metod ograniczeń aktywnych oraz metod funkcji kary

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U06:**

Umiejętność sprawdzenia, czy dany punkt jest rozwiązaniem regularnego, różniczkowalnego zadania optymalizacji z ograniczeniami

Weryfikacja:

projekt, kolokwium

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U07:**

Umiejętność formułowania modelu optymalizacyjnego (liniowego albo nieliniowego), opisującego pewne typowe problemy praktyczne, zapis modelu matematycznego w języku pakietu AMPL albo w języku pakietu MATLAB

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o

**Charakterystyka AMO\_U08:**

Umiejętność znajdowania rozwiązania zadania optymalizacji za pomocą narzędzi ze skrzynki narzędziowej MATLAB-a, albo odpowiedniego, dołączonego do AMPL solwera (MINOS lub CPLEX) .

Weryfikacja:

projekt

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U03, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:** I.P7S\_UK, I.P7S\_UW, III.P7S\_UW.1.o, III.P7S\_UW.2.o, III.P7S\_UW.3.o, III.P7S\_UW.4.o