**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 - podstawowe

**Kod przedmiotu:**

AMO

**Semestr nominalny:**

5 / 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:**

Potrzebna jest podstawowa wiedza z zakresu analizy matematycznej oraz algebry liniowej.

**Limit liczby studentów:**

60

**Cel przedmiotu:**

• zapoznanie studentów z wybranymi pakietami modelowania i rozwiązywania zadań optymalizacyjnych (AMPL, LP\_SOLVE, MATLAB) oraz z pojęciem optimum, • przyswojenie wiedzy na temat warunków koniecznych i dostatecznych optymalności dla zadań optymalizacji bez ograniczeń i z ograniczeniami pozwalających na weryfikację poprawności uzyskiwanych z pakietów rozwiązań, • zaznajomienie z elementami teorii dualności Lagrange'a oraz wybranymi metodami numerycznego rozwiązywania zadań optymalizacji, w tym w szczególności zadań programowania liniowego i kwadratowego, • zapoznanie studentów z pewnymi rzeczywistymi zastosowaniami metod optymalizacyjnych, formułowaniem modeli optymalizacyjnych oraz różnymi problemami, z którymi mogą się zetknąć w trakcie ich rozwiązywania, oraz praktycznym wykorzystaniem istniejących pakietów optymalizacyjnych.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu:
1. Zastosowania metod optymalizacyjnych, pojęcia i działy optymalizacji i programowania matematycznego. PROGRAMOWANIE LINIOWE
2. Postać standardowa zadania programowania liniowego, zadania sprzeczne, nieograniczone, warunki optymalności, algebraiczne, sformułowanie metody sympleks, zrewidowana metoda sympleks.
3. Dwufazowa metoda sympleks, znajdowanie początkowego bazowego rozwiązania dopuszczalnego, jednofazowa metoda sympleks (metoda wielkiego "M").
4. Dualność w zadaniach programowania liniowego.
5. Dualna metoda sympleks, informacja o algorytmach wielomianowych do rozwiązywania zadań programowania liniowego, idea metody Karmarkara.
OPTYMALIZACJA NIELINIOWA BEZ OGRANICZEŃ
6. 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. 7. Gradientowe metody rozwiązywania zadań bez ograniczeń, model liniowy i metoda najszybszego spadku, modele kwadratowe i metoda Newtona, zbieżność drugiego rzędu, metody quasinewtonowskie, zbieżność Q-superliniowa.
8. Metody jednostajnych kierunków poprawy, testy stopu w minimalizacji kierunkowej - testy Goldsteina, reguła Armijo, warunki Wolfe’a, gradientowe metody minimalizacji kierunkowej. 9. Bezgradientowe metody minimizacji kierunkowej, metoda sympleks Neldera-Meada jako przykład metody poszukiwań prostych do znalezienia minimum funkcji wielu zmiennych. OPTYMALIZACJA NIELINIOWA Z OGRANICZENIAMI
10. Warunki konieczne optymalności I rzędu (Karusha-Kuhna-Tuckera) i II rzędu dla zadań optymalizacji z ograniczeniami nierównościowymi oraz równościowymi, warunki regularności. Warunki dostateczne optymalności dla zadań optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami.
11. Teoria dualności Lagrange'a, pojęcie odstępu dualności, twierdzenia o słabej i silnej dualności. Zadania dualne dla różnych typów zadań programowania liniowego oraz w zadaniach programowania kwadratowego
12. Metody bezpośredniej i uogólnionej eliminacji do rozwiązywania zadań programowania kwadratowego z ograniczeniami równościowymi. Metoda ograniczeń aktywnych do rozwiązywania zadań programowania kwadratowego z ograniczeniami nierównościowymi.
13.. Metody zewnętrznej funkcji kary i wewnętrznej (barierowej) funkcji kary.
14. Metody przesuwanej funkcji kary (metoda rozszerzonej funkcji Lagrange’a), dokładne funkcje kary.
15. Niesympleksowe metody wielomianowe oparte na barierowej logarytmicznej funkcji kary do rozwiązywania zadań programowania liniowego.
Zakres ćwiczeń, laboratorium, projektu:
Celem zajęć laboratoryjnych jest opanowanie przez studentów praktycznych umiejętności korzystania z metod optymalizacyjnych i przeprowadzania pewnych przykładowych obliczeń w środowisku MATLAB-a oraz AMPL (w ramach programowania liniowego również LP\_SOLVE). Pierwsze dwa albo trzy dwugodzinne zajęcia (liczba zależy od rozkładu zajęć w danym semestrze) są poświęcone zapoznaniu studentów z pracą z MATLAB-em oraz AMPL-em. Następnie zajęcia laboratoryjne są podzielone na trzy zasadnicze bloki tematyczne zgodne z programem wykładu: programowanie liniowe, optymalizacja nieliniowa bez ograniczeń i optymalizacja nieliniowa z ograniczeniami. Każdy blok tematyczny składa się z trzech zasadniczych ćwiczeń – dwa z nich są realizowane w środowisku MATLAB-a, studenci mają za zadanie zastosować odpowiednie metody omawiane na wykładzie do rozwiązania prostych zadań przykładowych, trzecie zadanie polega na analizie szerszego przykładu zastosowaniowego, budowie modelu optymalizacyjnego w języku AMPL albo przy użyciu narzędzi dostępnych w środowisku MATLAB-a, rozwiązaniu go w danym środowisku i analizie uzyskanych wyników.

**Metody oceny:**

projekt, kolokwia

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

Pozycje podstawowe:
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.
Pozycje uzupełniające:
1. Bazaraa M.S., Sherali H.D., C.M. Shetty: Nonlinear Programming. Theory and Algorithms. (sec. edition) John Wiley & Sons, New York 1993.
2. Gill P., W. Murray, M. Wright: Practical Optimization. Academic Press 1981.
3. Fletcher R.: Practical Methods of Optimization. (sec. edition) John Wiley & Sons, Chichester 1987.
4. Bertsekas D.P.: Nonlinear Programming. Athena Scientific, Belmont, Massachusets 1995.
5. Ruszczyński A.: Nonlinear Optimization. Princeton University Press, 2006.
6. Nocedal J., Wright S.J.:Numerical Optimization. Springer Verlag, Berlin, (first ed. 2000), sec. ed. 2006.
7. Bonans, J.F., Gilbert J.C., Lemarechal C., C.A. Sagastizabal: Numerical Optimization: Theoretical and Practical Aspects. Springer Verlag, Berlin, 2006.

**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\_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\_U02:**

Umiejętność znajdowania minimum/maksimum funkcji nieliniowej metodami gradientowymi albo bezgradientowymi

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\_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