

| <b>KARTA OPISU MODUŁU KSZTAŁCENIA</b>  |  |  |
|--|--|--|
| Nazwa modułu/przedmiotu<br><b>Techniki optymalizacji</b>   |  | Kod<br><b>1010512321010510640</b>  |
| Kierunek studiów<br><b>Informatyka</b>   | Profil kształcenia (ogólnoakademicki, praktyczny)<br><b>ogólnoakademicki</b> | Rok / Semestr<br><b>1 / 2</b>  |
| Ścieżka obieralności/specjalność<br><b>Technologie wytwarzania oprogramowania</b>  | Przedmiot oferowany w języku:<br><b>polski</b>                               | Kurs (obligatoryjny/obieralny)<br><b>obligatoryjny</b>   |
| Stopień studiów:<br><b>II stopień</b>  | Forma studiów (stacjonarna/niestacjonarna)<br><b>stacjonarna</b>             |  |
| Godziny<br>Wykłady: <b>30</b> Ćwiczenia: - Laboratoria: <b>30</b> Projekty/seminaria: -  |  | Liczba punktów<br><b>5</b>   |
| Status przedmiotu w programie studiów (podstawowy, kierunkowy, inny) (ogólnouczelniany, z innego kierunku)<br><b>kierunkowy z danego kierunku</b>  |  |  |
| Obszar(y) kształcenia i dziedzina(y) nauki i sztuki<br><b>nauki techniczne</b>   |  | Podział ECTS (liczba i %)<br><b>5 100%</b>   |
| <b>Odpowiedzialny za przedmiot / wykładowca:</b><br><br>dr inż. Wojciech Kotłowski<br>email: Wojciech.Kotlowski@cs.put.poznan.pl<br>tel. 61 6652936<br>Instytut Informatyki<br>ul. Piotrowo 2, 60-965 Poznań   |  |  |
| <b>Wymagania wstępne w zakresie wiedzy, umiejętności, kompetencji społecznych:</b>   |  |  |
| 1  | <b>Wiedza:</b>   | Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z algebry liniowej i geometrii (proste operacje na wektorach i macierzach) i analizy matematycznej (różniczkowanie prostych funkcji). |
| 2  | <b>Umiejętności:</b>   | Powinien także posiadać umiejętność projektowania, implementowania i testowania prostych programów komputerowych (w dowolnym języku) realizujących podstawowe operacje wektorowo-macierzowe.                   |
| 3  | <b>Kompetencje społeczne</b>   | Z kolei w zakresie kompetencji społecznych do pożądanych cech należą: ciekawość poznawcza i wytrwałość w dążeniu do poszerzania swojej wiedzy, a także spora doza uczciwości i kultury osobistej.              |
| <b>Cel przedmiotu:</b>   |  |  |
| 1. Przekazanie studentom szczegółowej wiedzy dotyczącej:<br>a) wybranych wielowymiarowych problemów optymalizacyjnych, przede wszystkim w zakresie optymalizacji ciągłej bez ograniczeń, optymalizacji ciągłej z ograniczeniami oraz optymalizacji kombinatorycznej, z uwzględnieniem zastosowań w dziedzinie sztucznej inteligencji i analizie danych<br>b) wybranych metod rozwiązywania powyższych, przede wszystkim przybliżonych metod iteracyjnych, metod heurystycznych opartych na przeszukiwaniu sąsiedztwa oraz dedykowanych metod dla specyficznych problemów optymalizacji |  |  |
| 2. Rozwijanie u studentów umiejętności<br>a) identyfikowania i formułowania zadań optymalizacyjnych z omawianego zakresu<br>b) tworzenia i testowania programów implementujących omawiane metody rozwiązywania przedstawionych problemów.  |  |  |
| <b>Efekty kształcenia i odniesienie do kierunkowych efektów kształcenia</b>  |  |  |
| <b>Wiedza:</b>   |  |  |
| 1. ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie algorytmów i złożoności oraz języków programowania w dziedzinie sztucznej inteligencji i analizie danych - [K_W4]   |  |  |
| 2. ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu informatyki, takimi jak: formułowanie i rozwiązywanie (dokładne oraz przybliżone) zadań optymalizacji ciągłej oraz kombinatorycznej, z uwzględnieniem zastosowań w dziedzinie sztucznej inteligencji i analizie danych - [K_W5]   |  |  |
| 3. ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach w informatyce, w szczególności w zakresie optymalizacji, oraz w wybranych pokrewnych dyscyplinach naukowych, wykorzystujących mechanizmy optymalizacji - [K_W6]   |  |  |
| 4. ma podstawową wiedzę o cyklu życia programowych systemów informatycznych implementujących algorytmy optymalizacji - [K_W7]  |  |  |
| 5. zna podstawowe metody, techniki i narzędzia stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z obszaru optymalizacji - [K_W8]   |  |  |

|   |
|---|
| <b>Umiejętności:</b>  |
| 1. potrafi pozyskiwać informacje z literatury oraz innych źródeł w języku ojczystym i angielskim), integrować je, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie - [K_U1]<br>2. potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia - [K_U5]<br>3. potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne - [K_U9]<br>4. potrafi - przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich - integrować wiedzę z różnych obszarów informatyki (a w razie potrzeby także wiedzę z innych dyscyplin naukowych) oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne - [K_U10]<br>5. potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi - [K_U12]<br>6. potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych osiągnięć (metod i narzędzi) oraz nowych produktów informatycznych - [K_U13] |
| <b>Kompetencje społeczne:</b>   |
| 1. rozumie, że w informatyce wiedza i umiejętności bardzo szybko stają się przestarzałe - [K_K1]<br>2. zna przykłady i rozumie przyczyny wadliwie działających systemów informatycznych, które doprowadziły do poważnych strat finansowych, społecznych lub też do poważnej utraty zdrowia, a nawet życie - [K_K4]<br>3. potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania - [K_K6]  |

|  |
|--|
| <b>Sposoby sprawdzenia efektów kształcenia</b>   |
| Efekty kształcenia przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:<br>Ocena formująca:<br>a) w zakresie wykładów:<br>- na podstawie odpowiedzi na pytania dotyczące materiału omówionego na poprzednich wykładach<br>b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń:<br>- na podstawie oceny bieżącego postępu realizacji zadań<br>Ocena podsumowująca:<br>a) w zakresie wykładów weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:<br>- ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym w formie kilku (7-8) zadań (analogicznych do zadań rozwiązywanych na zajęciach); czas przewidziany na napisanie egzaminu to 90 minut; maksymalna liczba punktów to 100 pkt.,<br>z czego na uzyskanie oceny 3.0 trzeba zdobyć min. 51 pkt.<br>- omówienie wyników egzaminu<br>b) w zakresie laboratoriów / ćwiczeń weryfikowanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:<br>- ocenianie ciągle, na każdych zajęciach (odpowiedzi ustne) - premiowanie przyrostu umiejętności posługiwania się poznanymi zasadami i metodami<br><br>- ocenę sprawozdania przygotowywanego częściowo w trakcie zajęć, a częściowo po ich zakończeniu; ocena ta obejmuje także umiejętność pracy w zespole<br>- ocenę wiedzy i umiejętności poprzez 1 sprawdzian (zadania obliczeniowe) w semestrze<br>- ocenę 2 sprawozdań z realizacji projektów (studiów przypadku)<br>Uzyskiwanie punktów dodatkowych za aktywność podczas zajęć, a szczególnie za:<br>- omówienia dodatkowych aspektów zagadnienia,<br>- umiejętność współpracy w ramach zespołu praktycznie realizującego zadanie szczegółowe w laboratorium,<br>- uwagi związane z udoskonaleniem materiałów dydaktycznych, |
| <b>Treści programowe</b>   |

Program wykładu obejmuje następujące zagadnienia:

Przestrzeń wektorowa jako przestrzeń wielowymiarowa, podstawowe metody wizualizacji przestrzeni wielowymiarowej; funkcje w przestrzeniach wielowymiarowych, podstawowe metody wizualizacji funkcji w przestrzeniach wielowymiarowych, funkcja zespolona od argumentu zespolonego jako przykład funkcji czterowymiarowej i jej wizualizacja. Wektory i podstawowe operacje na wektorach, interpretacja wektorów jako elementów przestrzeni wielowymiarowej. Iloczyn skalarny wektorów, norma wektora, odległość euklidesowa w przestrzeniach wielowymiarowych i jej właściwości. Macierze i podstawowe operacje na macierzach, interpretacja macierzy jako operatorów przekształcających. Norma macierzy, wyznacznik macierzy, odwrotność macierzy, macierze nieujemnie/dodatnio określone. Podstawowe właściwości wartości i wektorów własnych macierzy. Zapisywanie funkcji wielowymiarowych w notacji macierzowo-wektorowej. Gradient funkcji wielowymiarowej i jego interpretacja. Hesjan funkcji wielowymiarowej i jego interpretacja. Szereg Taylora i jego zastosowanie w przybliżaniu funkcji. Idea optymalizacji, problem optymalizacji matematycznej i jego składowe (funkcja celu i ograniczenia), minima lokalne i globalne, problemy łatwe i trudne. Idea metod iteracyjnych w problemach optymalizacji bez ograniczeń. Rząd zbieżności jako charakterystyka metod iteracyjnych. Warunki stopu w metodach iteracyjnych. Aproksymacyjnej metoda Newtona (poszukiwanie miejsc zerowych funkcji jednowymiarowych) jako podstawowa, jednowymiarowa metoda newtonowska. Przykłady niezbieżności (i implikowanego chaosu) metod jednowymiarowych. Optymalizacyjna metoda Newtona (poszukiwanie minimów funkcji jednowymiarowych) jako optymalizacyjny analog metody aproksymacyjnej. Metoda Newtona-Raphsona jako podstawowa, wielowymiarowa metoda newtonowska. Przykłady niezbieżności (i implikowanego chaosu) metod wielowymiarowych. Inne wielowymiarowe metody newtonowskie jako modyfikacje metody Newtona-Raphsona: uogólniona metoda Newtona, metoda Cauchy'ego, metoda Levenberga-Marquarda i ich podstawowe właściwości. Przykłady zastosowań metody Newtona-Raphsona: metoda najmniejszych kwadratów regresji liniowej i jej równoważność z metodą Newtona-Raphsona; regresja logistyczna w klasyfikacji, rozwiązywanie regresji logistycznej iteracyjnie ważoną metodą najmniejszych kwadratów i jej równoważność z metodą Newtona-Raphsona. Funkcje wypukłe i ich własności, zbiory wypukłe i ich własności, programowanie wypukłe. Programowanie liniowe jako problem optymalizacji z ograniczeniami: postać standardowa, postać kanoniczna, sympleks jako zbiór rozwiązań dopuszczalnych, metoda sympleksów, warunki optymalności (komplementarne warunki swobody). Przykłady zastosowania programowania liniowego: metoda minimalizacji wartości bezwzględnych w regresji liniowej, sprowadzenie do problemu programowania liniowego, odporność na wartości odstające; klasyfikacja poprzez rozwiązanie problemu programowania liniowego. Problemy ciągłe z ograniczeniami nierównościami: warunki optymalności Karusha-Kuhna-Tuckera. Metoda Frank-Wolfe'a jako przykład metody rozwiązywania problemów nieliniowych z ograniczeniami. Studium przypadku: maszyny wektorów podpierających. Metoda stochastycznego spadku wzdłuż gradientu: ogólna postać, zbieżność, zastosowanie w regresji i klasyfikacji. Trudne problemy kombinatoryczne i metody heurystyczne, zachłanna konstrukcja rozwiązania początkowego. Idea sąsiedztwa w problemach kombinatorycznych, przeszukiwanie lokalne: metoda zachłanna i stroma, modyfikacje metod przeszukiwania lokalnego. Symulowane wyżarzanie. Przeszukiwanie z listą tabu.

Zajęcia laboratoryjne prowadzone są w formie piętnastu 2-godzinnych ćwiczeń, odbywających się w laboratorium komputerowym, poprzedzonych 2-godzinną sesją instruktażową na początku semestru. Ćwiczenia realizowane są częściowo indywidualnie, a częściowo przez 2-osobowe zespoły studentów. Program laboratorium obejmuje następujące zagadnienia:

Wprowadzenie do systemu Matlab/Octave/Ipsolve (w zależności od dostępności oprogramowania). Podstawowe konstrukcje programowe (warunki, pętle, itp.). Biblioteki standardowych funkcji skalarnych. Tworzenie prostych programów działających na danych skalarnych. Tworzenie prostych programów działających na danych macierzowo-wektorowych. Biblioteki standardowych funkcji skalarnych. Wizualizacja danych i wyników wielowymiarowych. Przybliżanie funkcji z użyciem szeregu Taylora. Formułowanie i rozwiązywanie problemów aproksymacji i optymalizacji jednowymiarowej (metoda iteracji prostej, metoda Newtona). Warunki stopu w jednowymiarowych metodach iteracyjnych. Ilustracja rzędu zbieżności metod iteracyjnych. Ilustracja niezbieżności (i chaosu) metod jednowymiarowych. Formułowanie i rozwiązywanie problemów optymalizacji wielowymiarowej (metoda Newtona-Raphsona, uogólniona metoda Newtona, metoda Cauchy'ego, metoda Levenberga-Marquarda). Warunki stopu w wielowymiarowych metodach iteracyjnych. Ilustracja niezbieżności (i chaosu) metod wielowymiarowych. Studium przypadku: implementacja metod regresji liniowej dla wybranego zbioru danych. Rozwiązywanie prostych zadań optymalizacji ciągłej z ograniczeniami z wykorzystaniem metody mnożników Lagrange'a oraz warunków KKT. Studium przypadku: implementacja metod klasyfikacji dla wybranego zbioru danych. Konstrukcja algorytmów heurystycznych dla wybranego problemu optymalizacji: konstrukcja rozwiązania początkowego, definiowanie sąsiedztwa, testowanie algorytmów przeszukiwania lokalnego.

Metody dydaktyczne:

1. wykład: prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami i zadaniami
2. ćwiczenia laboratoryjne: rozwiązywanie zadań i implementowanie rozwiązań, wykonywanie eksperymentów, dyskusja rezultatów i wyników

**Literatura podstawowa:**

1. W. Grabowski: Programowanie matematyczne, PWE, Warszawa, 1980
2. R. Wit: Metody programowania nieliniowego, WNT, Warszawa, 1986
3. W. Findeisen, J. Szymanowski, A. Wierzbiński: Teoria i metody obliczeniowe optymalizacji, PWN, Warszawa, 1977

**Literatura uzupełniająca:**

1. S. Boyd, L. Vandenberghe: Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004
2. D. Bertsekas: Nonlinear Programming, Athena Scientific, Nashua, USA, 1999
3. Z. Jędrzejczak, J. Skrzypek, K. Kukuła, A. Walkost: Badania operacyjne w przykładach i zadaniach, PWN, Warszawa, 2002

**Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta**

| Czynność | Czas (godz.) |
|----------|--------------|
|----------|--------------|

|  |               |
|--|---------------|
| 1. udział w zajęciach laboratoryjnych / ćwiczeniach  | 30            |
| 2. przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych  | 15            |
| 3. dokończenie (w ramach pracy własnej) sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych   | 2             |
| 4. udział w konsultacjach związanych z realizacją procesu kształcenia, w szczególności ćwiczeń laboratoryjnych / projektu (częściowo mogą być realizowane drogą elektroniczną) | 8<br>10       |
| 5. napisanie sprawozdań i stworzenie oprogramowania w ramach projektów zespołowych (czas poza zajęciami laboratoryjnymi)   | 8<br>30       |
| 6. przygotowanie do sprawdzianu  | 2             |
| 7. udział w wykładach  | 16            |
| 8. omówienie wyników egzaminu  | 2             |
| 9. przygotowanie do egzaminu   |               |
| 10. obecność na egzaminie  |               |
| <b>Obciążenie pracą studenta</b>   |               |
| <b>forma aktywności</b>  | <b>godzin</b> |
| <b>ECTS</b>  |               |
| Łączny nakład pracy  | 123           |
| Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem  | 72            |
| Zajęcia o charakterze praktycznym  | 55            |