



UNIWERSYTET
IM. ADAMA MICKIEWICZA
W POZNANIU

Matematyczne fundamenty uczenia maszynowego

Sylabus zajęć

Informacje podstawowe

Kierunek studiów Informatyka Specjalność - Jednostka organizacyjna Wydział Matematyki i Informatyki Poziom studiów studia inżynierskie pierwszego stopnia Forma studiów studia stacjonarne Profil studiów profil ogólnoakademicki		Cykl dydaktyczny 2023/24 Kod zajęć 06INFS.310S.04806.23 Języki wykładowe polski Obligatoryjność Fakultatywny Blok zajęciowy Przedmioty specjalnościowe
Koordynator zajęć	Jerzy Grzybowski	
Prowadzący zajęcia	Jerzy Grzybowski	
Okres Semestr 5	Forma zajęć / liczba godzin / forma zaliczenia - Wykład: 30, Egzamin - Laboratorium: 30, Zaliczenie z oceną	Liczba punktów ECTS 5

Cele kształcenia dla zajęć

Kod	Cel
C1	Prezentowanie problemów optymalizacji i metod ich rozwiązywania.
C2	Wprowadzenie do matematycznych podstaw uczenia maszynowego.

Wymagania wstępne

Wiedza z przedmiotów: Analiza matematyczna z zastosowaniami I, Analiza matematyczna z zastosowaniami II, Algebra liniowa z zastosowaniami I, Algebra liniowa z zastosowaniami II

Efekty uczenia się dla zajęć

Kod	Efekty uczenia się dla zajęć w zakresie	Efekty uczenia się dla kierunku	Metody weryfikacji osiągnięcia efektów uczenia się dla zajęć
Wiedzy - Student/ka:			
W1	zna i rozumie pojęcia zbioru wypukłego, funkcji wypukłej, subgródniczki, stożka kierunków stycznych, warunek konieczny I rzędu, ograniczenia nierównościowe i warunki konieczne Kuhna-Tuckera oraz na czym polega problem znajdowania ekstremów funkcji wypukłej.	INF_K3_W01	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
W2	Zna i rozumie ograniczenia równościowe i nierównościowe, optymalizację bez ograniczeń, optymalizację bez użycia pochodnych, metodę Newtona, metody Newtona w uczeniu maszynowym i obliczeniowo efektywne odmiany metody Newtona.	INF_K3_W01	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
W3	zna i rozumie modele optymalizacyjne dla danych binarnych, metodę najmniejszych kwadratów, metodę wektorów nośnych (SVM), regresję logistyczną, regresję jako problem wzorcowy w uczeniu maszynowym i klasyfikację wieloklasową.	INF_K3_W01	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
W4	zna i rozumie optymalizację funkcji nieróżniczkowalnych, metodę subgradientów, metodę przybliżonych gradientów, aproksymację funkcji celu, programowanie dynamiczne, relaksację Lagrange'a i dualność, warunki optymalizacyjne Kuhna-Tuckera, ogólną procedurę wykorzystania dualności, sformułowanie dualu SVM i algorytmy optymalizacyjne dla dualu SVM.	INF_K3_W01	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
Umiejętności - Student/ka:			
U1	potrafi zastosować w rozwiązywaniu problemów warunki regularności, funkcje quasi-wypukłe i warunki dostateczne, warunek konieczny dla ograniczeń mieszanych, warunki drugiego rzędu, warunek dostateczny i warunek konieczny dla programowania wypukłego.	INF_K3_U01_inz	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
U2	potrafi zastosować w rozwiązywaniu problemów reguły minimalizacyjne, regułę Armijo, algorytm Zoutendijk'a dla ograniczeń liniowych i nieliniowych, modyfikację Topkis'a-Veinott'a, metody spadkowe prymarnego gradientu, regresję liniową, regularyzację Tichonowa i metodę stochastycznego spadku wzdłuż gradientu.	INF_K3_U01_inz	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test
U3	potrafi zastosować w rozwiązywaniu problemów metodę spadku względem współrzędnych, algorytm K-srednich, dostrajanie pochodnych pierwszego rzędu do spadku, uczenie z uwzględnieniem momentum, AdaGrad, RMSProp i Adam.	INF_K3_U01_inz	Egzamin pisemny, Kolokwium pisemne, Test

Treści programowe dla zajęć

Lp.	Treści programowe dla zajęć	Efekty uczenia się dla zajęć	Formy zajęć
1.	Zbiory wypukłe. Funkcje wypukłe. Subróżniczka. Ekstrema funkcji wypukłej z ograniczeniami. Problem minimalizacyjny. Maksymalizacja funkcji wypukłej. Warunek konieczny I rzędu. Stożek kierunków stycznych. Ograniczenia nierównościowe. Warunki konieczne Kuhna-Tuckera.	W1	Wykład, Laboratorium
2.	Warunki regularności. Funkcje quasi-wypukłe i warunki dostateczne. Warunek konieczny dla ograniczeń mieszanych. Warunki drugiego rzędu. Teoria dualności. Warunek dostateczny. Warunek konieczny dla programowania wypukłego. Zadanie pierwotne i dualne.	U1	Wykład, Laboratorium
3.	Teoria wrażliwości. Ograniczenia równościowe i nierównościowe. Metody numeryczne. Optymalizacja bez ograniczeń. Optymalizacja bez użycia pochodnych. Metoda Newtona. Metoda Newtona w uczeniu maszynowym. Metoda Newtona: Wyzwania i rozwiązania. Obliczeniowo efektywne odmiany metody Newtona.	W2	Wykład, Laboratorium
4.	Metody spadkowe. Reguły minimalizacyjne. Reguła Armijo. Metody optymalizacji z ograniczeniami. Algorytm Zoutendijk'a dla ograniczeń liniowych i nieliniowych. Modyfikacja Topkis'a-Veinott'a. Metody spadkowe prymarnego gradientu. Regresja liniowa. Regularyzacja Tichonowa. Metoda stochastycznego spadku wzdłuż gradientu.	U2	Wykład, Laboratorium
5.	Modele optymalizacyjne dla danych binarnych. Metoda najmniejszych kwadratów. Metoda wektorów nośnych (SVM). Regresja logistyczna. Regresja jako problem wzorcowy w uczeniu maszynowym. Klasyfikacja wieloklasowa: Metoda wektorów nośnych i regresja logistyczna.	W3	Wykład, Laboratorium
6.	Metoda spadku względem współrzędnych: regresja liniowa. Algorytm K-średnich. Dostrajanie pochodnych pierwszego rzędu do spadku (Adjusting First-Order Derivatives for Descent). Uczenie z uwzględnieniem momentum. AdaGrad. RMSProp. Adam.	U3	Wykład, Laboratorium
7.	Optymalizacja funkcji nieróżniczkowalnych. Metoda subgradientów. Metoda przybliżonych gradientów. Aproksymacja funkcji celu. Programowanie dynamiczne. Relaksacja Lagrange'a i dualność. Warunki optymalizacyjne Kuhna-Tuckera. Ogólna procedura wykorzystania dualności. Zastosowanie: sformułowanie dualu SVM. Algorytmy optymalizacyjne dla dualu SVM.	W4	Wykład, Laboratorium

Informacje dodatkowe

Forma zajęć	Metody i formy prowadzenia zajęć
-------------	----------------------------------

Forma zajęć	Metody i formy prowadzenia zajęć
Wykład	Wykład z prezentacją multimedialną wybranych zagadnień, Wykład konwersatoryjny
Laboratorium	Metoda analizy przypadków

Forma zajęć	Warunki zaliczenia zajęć
Wykład	Na ocenę końcową składa się ocena z egzaminu pisemnego, w formie pytań otwartych – maksimum 50 pkt. Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest zaliczenie laboratorium. Skala ocen: * bardzo dobry (bdb; 5,0) – od 90% punktów, * dobry plus (db plus; 4,5) – od 80% punktów, * dobry (db; 4,0) – od 70% punktów, * dostateczny plus (dst plus; 3,5) – od 60% punktów, * dostateczny (dst; 3,0) – od 50% punktów, * niedostateczny (ndst; 2,0) – poniżej 50% punktów.
Laboratorium	Na ocenę z laboratoriów składają się punkty za 5 krótkich testów po maksimum 5 pkt oraz kolokwium końcowego - maksimum 25 pkt. Razem - maksimum 50 pkt. Skala ocen: * bardzo dobry (bdb; 5,0) – od 90% punktów, * dobry plus (db plus; 4,5) – od 80% punktów, * dobry (db; 4,0) – od 70% punktów, * dostateczny plus (dst plus; 3,5) – od 60% punktów, * dostateczny (dst; 3,0) – od 50% punktów, * niedostateczny (ndst; 2,0) – poniżej 50% punktów.

Literatura

Obowiązkowa

1. Jan Palczewski: "Optymalizacja II", Uniwersytet Warszawski, 2014
2. Charu C. Aggarwal: "Linear Algebra and Optimization for Machine Learning. A Textbook", Springer Nature Switzerland AG 2020

Dodatkowa

1. Jean Gallier and Jocelyn Quaintance: "LINEAR ALGEBRA AND OPTIMIZATION WITH APPLICATIONS TO MACHINE LEARNING Volume II: Fundamentals of Optimization Theory with Applications to Machine Learning" 2020 World Scientific Publishing

Nakład pracy studenta i punkty ECTS

Rodzaje zajęć studenta	Średnia liczba godzin* przeznaczonych na zrealizowane rodzaje zajęć
Wykład	30
Laboratorium	30
Przygotowanie do zajęć	50
Czytanie wskazanej literatury	15
Łączny nakład pracy studenta	Liczba godzin 125

Liczba punktów ECTS	ECTS 5
----------------------------	------------------

* godzina (lekcyjna) oznacza 45 minut

Efekty uczenia się dla kierunku

Kod	Treść
INF_K3_U01_inz	Absolwent/ka potrafi zastosować wiedzę matematyczną do formułowania, modelowania, analizowania i rozwiązywania prostych zadań związanych z informatyką
INF_K3_W01	Absolwent/ka zna i rozumie zaawansowane pojęcia z działów matematyki służące do modelowania i rozwiązywania problemów w informatyce