

WYDZIAŁ Informatyki i Zarządzania	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim: Analiza i przetwarzanie dźwięku	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Sound analysis and processing	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Sztuczna Inteligencja	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna	
Rodzaj przedmiotu:	wybieralny
Kod przedmiotu
Grupa kursów	NIE

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	70		80		
Forma zaliczenia	Egzamin	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Zaliczenie na ocenę	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	0		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1.8		1.2		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Znajomość analizy matematycznej i algebry liniowej w zakresie kursów na I stopniu kształcenia, podstawowa wiedza z zakresu sieci neuronowych i głębokiego uczenia
2. Umiejętność programowania w jednym z powszechnie stosowanych języków imperatywnych (np. C++, Java, Python), umiejętność korzystania ze środowisk programistycznych dla tych języków
3. Umiejętność samodzielnego wyszukiwania informacji w elektronicznych zasobach literaturowych i w Internecie

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zapoznanie studentów z podstawowymi i zaawansowanymi technikami analizy dźwięku i mowy.

ich własnościami i ograniczeniami oraz ich powiązaniem z obszarami maszynowego uczenia i sztucznej inteligencji

C2 Zapoznanie z obszarami zastosowań analizy dźwięku i mowy i możliwością praktycznego wykorzystania poznanych algorytmów i metod

C3 Rozbudzenie kreatywności studentów w zakresie rozwiązywania występujących w tym obszarze problemów, poszukiwania nowych metod i możliwości praktycznego zastosowania w różnych dziedzinach

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

KSI_W06 - Zna zarówno tradycyjne, jak i nowoczesne metody i algorytmy przetwarzania danych multimedialnych, w tym rozpoznawania mowy, analizy obrazów i wideo. Ma wiedzę dotyczącą poszczególnych kroków koniecznych do analizy różnych obrazów pod różnym kątem, podstawową wiedzę z zakresu interpretacji obrazów oraz pozyskiwania informacji z sygnału audio zawierającego wypowiedzi w języku naturalnym

KSI_W07 - Zna różnorodne zastosowania technik analizy multimediiów w zagadnieniach związanych z pozyskiwaniem informacji z danych masowych i złożonych

Z zakresu umiejętności:

KSI_U03 - Potrafi sformułować problem do rozwiązania, zebrać i oczyścić dane, dobrać metodę oraz przeprowadzić eksperymenty a otrzymane wyniki poddać krytycznej analizie, dokonać ich interpretacji i prezentacji

KSI_U04 - Potrafi dokonać oceny rozwiązania w zakresie pozyskania danych, ich przetwarzania oraz analizy a także ekstrakcji wiedzy a także zaproponować jego ulepszenie.

Z zakresu kompetencji społecznych:

TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wstęp, pojęcia podstawowe związane z akustyką, analizą sygnałów akustycznych i sygnałów mowy. Historia rozwoju syntezy i analizy mowy. Neurofizjologiczne inspiracje w rozwoju technik analizy i rozpoznawania dźwięku. Analiza spektralna i jej znaczenie w analizie dźwięku. Obszary zastosowania analizy i syntezy dźwięku. Klasyczny paradygmat rozpoznawania mowy.	2
Wy2	Narzędzia i komponenty wspomagające automatyczną analizę dźwięku. Funkcjonalność, zastosowania, przykłady użycia. HTK, sox, praat, moduły do analizy dźwięku w środowisku języka Python. Charakterystyka dostępnych korpusów akustycznych do różnych zastosowań związanych z analizą dźwięku.	2
Wy3	Ekstrakcja cech akustycznych. Cechy MFSC, MFCC, PLP, LPC,	2

	RASTS-PLP, metoda przejść przez zero. Ocena użyteczności metod ekstrakcji cech w różnych problemach analizy akustycznej.	
Wy4	Detekcja mowy w strumieniu audio. Cechu użyteczne w detekcji mowy. Metody z modelem generatywnym i dyskryminacyjnym. Detekcja tonu krtaniowego. Detekcja aktywności głosowej z wykorzystaniem cech segmentów tonu krtaniowego. Wykrywanie krótkich pauz w sygnale mowy.	2
Wy5	Rozpoznawanie mowy. Klasyczny model HMM-GMM. Metody budowy stochastycznych modeli akustycznych i językowych dla rozpoznawania mowy. Sformułowanie formalne problemu rozpoznawania mowy ze stochastycznym modelem HMM-GMM. Algorytmy dekodowania wypowiedzi w modelu HMM-GMM. Algorytm Viterbiego, A* i TSBS.	2
Wy6	Zastosowania sieci neuronowych w rozpoznawaniu mowy. Neuronowy model akustyczny. Model HMM-DNN. Cechy typu tandem. Neuronowe modele językowe i ich zastosowanie w ASR. Rozpoznawanie mowy z paradygmatem end-to-end. Porównanie podejścia stochastycznego i neuronowego w opublikowanych wynikach badań.	2
Wy7	Adaptacja modelu do mówcy. Techniki CMN, CVN, VLTN. Liniowe transformacje cech i modeli. Ocena praktycznej skuteczności. Adaptacja nadzorowana i nienadzorowana, adaptacja w czasie rzeczywistym.	2
Wy8	Rozpoznawanie i weryfikacja tożsamości mówcy. Metody wykorzystujące model tła. Metody z sieciami neuronowymi i sieciami syjamskimi. Określanie cech osobniczych mówcy na podstawie analizy sygnału mowy. Rozpoznawanie płci mówcy, zastosowania w poprawie skuteczności rozpoznawania mowy.	2
Wy9	Metody poprawy jakości dźwięku. Wykrywanie i eliminacja pogłosu. Lokalizacja źródeł dźwięku w zapisie stereofonicznym. Ograniczanie zakresu lokalizacji źródeł dźwięku, metody formowania wiązki akustycznej (beam forming) i zastosowanie macierzy mikrofonów. Separacja komponentu wokalnego i odgłosów tła.	2
Wy10	Rozpoznawanie i analiza emocji w zapisach mowy. Klasyfikacja emocji w mowie. Cechy mowy i cechy akustyczne użyteczne w rozpoznawaniu emocji. Porównanie metod z prostymi klasyfikatorami i metod wykorzystujących głębokie uczenie.	2
Wy11	Synteza mowy. Metody i algorytmy. Oprogramowanie wspomagające budowę syntezy mowy. Konstrukcja syntezy mowy z wykorzystaniem oprogramowania Festival.	2
Wy12	Zastosowania analizy dźwięku w diagnostyce technicznej i medycznej. Diagnostyka wad wymowy.	2
Wy13	Analiza muzyki. Elementy dzieła muzycznego. Skale muzyczne i system równomiernie temperowany, relacja między zapisem nutowym a częstotliwością. Uczenie maszynowe w muzyce na przykładzie zadań rozpoznawania gatunków podejścia klasyczne z modelami generatywnymi i podejścia z głębokim uczeniem	2
Wy14	Zadania analizy muzyki: rozpoznawanie tempa, automatyczna	2

	ekstrakcja melodii wiodącej i wielu ścieżek melodii. Rozpoznawanie trybu, tonacji i progresji akordów. Automatyczna ocena poprawności wykonania dzieła muzycznego.	
Wy15	Zapis symboliczny muzyki, a zapis w formacie MIDI. Automatyczna kompozycja na poziomie zapisu symbolicznego - modele Markowa, sieci neuronowe. Generowanie dźwięku muzycznego za pomocą sieci GAN i modeli autoregresywnych.	2
	Suma godzin	30

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zapoznanie z programem laboratorium, zasadami oceniania i prowadzenia zajęć, przepisami BHP. Omówienie zakresu kolejnych ćwiczeń.	2
La2	Tworzenie anotowanego korpusu akustycznego i ekstrakcja cech akustycznych	2
La3	Budowa i ocena modelu językowego do rozpoznawania mowy	2
La4	Detekcja aktywności głosowej (VAD) z wykorzystaniem modelu generatywnego	2
La5	Detekcja aktywności głosowej (VAD) z wykorzystaniem modelu dyskryminacyjnego i sieci neuronowych	2
La6	Rozpoznawanie cech mówiącego na podstawie cech mowy - porównanie podejścia generatywnego i dyskryminacyjnego	2
La7	Rozpoznawanie i weryfikacja mówcy z wykorzystaniem modelu generatywnego	2
La8	Rozpoznawanie i weryfikacja mówcy z wykorzystaniem głębokich sieci neuronowych	2
La9	Rozpoznawanie głosek z wykorzystaniem sieci neuronowych i głębokiego uczenia	2
La10	Rozpoznawanie mowy z wykorzystaniem modelu HMM-GMM	2
La11	Rozpoznawanie mowy z wykorzystaniem modelu HMM-DNN	2
La12	Rozpoznawanie mowy z wykorzystaniem podejścia end-to-end i modelu DeepSpeech	2
La13	Techniki adaptacji w rozpoznawaniu mowy (CVN, CMN, transformacja liniowa modelu, VTLN)	2
La14	Metody transferu wiedzy w rozpoznawaniu mowy i adaptacji modelu dla mówcy	2
La15	Rozpoznawanie gatunku muzycznego na podstawie cech akustycznych	2
	Suma godzin	30

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
N1. System e-learningowy do publikowania materiałów do wykładu i laboratorium
N2. Korpusy językowe i akustyczne dostępne do celów dydaktycznych
N3. Biblioteki i oprogramowanie do analizy sygnałów akustycznych i rozpoznawania mowy

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1 (wykład)	KSI_W06 KSI_W07	Ocena z egzaminu pisemnego.

F2 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena łączna wyników z grupy ćwiczeń La2, La3
F3 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena łączna wyników z grupy ćwiczeń La4, La5
F4 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena łączna wyników z grupy ćwiczeń La6, La7, La8
F5 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena ćwiczenia La9
F6 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena łączna wyników z grupy ćwiczeń La10, La11, La12
F7 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena łączna wyników z grupy ćwiczeń La13, La14
F8 (laboratorium)	KSI_U03 KSI_U04	Ocena ćwiczenia La15

Egzamin pisemny będzie składał się z pytań o charakterze testu wielokrotnego wyboru oraz zadań obliczeniowych. Każdemu zadaniu i pytaniu testowemu będzie przypisana liczba punktów. Ocena będzie wystawiona w/g następującej skali:

Procent maksymalnej liczby punktów:	Ocena:
<= 50	2.0
<= 60	3.0
<=70	3.5
<=80	4.0
<=90	4.5
>90	5.0

P - Ocena z wykładu jest równoważna ocenie uzyskanej z egzaminu pisemnego ewentualnie podwyższonej wg zasady: w przypadku osiągnięcia oceny bardzo dobrej lub celującej z laboratorium ocena w wykładu będzie oceną z egzaminu podwyższoną o 0.5

Ocena z laboratorium jest średnią ważoną ocen cząstkowych uzyskanych z grup ćwiczeń: $P = (F2+F3+F4+0.5*F5+F6+F7+0.5*F8) / 6$. Oceny F2-F8 będą określane na podstawie następujących kryteriów:

- Rozumienie wykorzystywanych metod i algorytmów,
- Poprawność przygotowania danych,
- Poprawność doboru i implementacji wykorzystanych metod,
- Poprawność udokumentowania osiągniętych wyników w raporcie w sprawozdaniu z grupy ćwiczeń,
- Poprawność i zasadność wyciągniętych wniosków.

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] Lerch A., An Introduction to Audio Content Analysis: Applications in Signal Processing and Music Informatics, Willey-IEEE Press, 2012
- [2] Muller M., Fundamentals of Music Processing, Springer, 2015
- [1] Jurafsky D., Martin J.H., Speech and Language Processing, Prentice Hall, 2009.
- [2] Benesty J., Sondhi M., Huang Y., Springer Handbook of Speech Processing, Springer, 2007

LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] Jelinek F., Statistical Methods for Speech Recognition, MIT Press, 1998
- [2] Joung S., The HTK Book (dostępna w Internecie jako plik pdf)
- [3] Yu D., Deng L., Automatic Speech Recognition - a Deep Learning Approach, Springer, 2015
- [4] Makowski R., Automatyczne rozpoznawanie mowy - wybrane zagadnienia, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2011
- [5] Ciota Z., Metody przetwarzania sygnałów akustycznych w komputerowej analizie mowy, Oficyna wydawnicza EXIT, Warszawa, 2010

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

Dr inż. Jerzy Sas (jerzy.sas@pwr.edu.pl)

WYDZIAŁ / STUDIUM.....	
KARTA PRZEDMIOTU	
Nazwa przedmiotu w języku polskim Analiza mediów cyfrowych	
Nazwa przedmiotu w języku angielskim Digital media analysis	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Sztuczna inteligencja	
Specjalność (jeśli dotyczy):	
Poziom i forma studiów:	I/ II stopień / jednolite studia magisterskie* , stacjonarna / niestacjonarna*
Rodzaj przedmiotu:	obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany *
Kod przedmiotu
Grupa kursów	TAK / NIE*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	15		15		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	30		30		
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS	1		1		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	0.6		0.6		

*niepotrzebne skreślić

WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH	
1.	Umiejętność programowania
2.	Wiedza z zakresu podstaw przetwarzania danych masowych
3.	Wiedza z zakresu podstaw algorytmiki
4.	Wiedza z zakresu zastosowań metod uczenia maszynowego
5.	Wiedza z zakresu podstaw statystyki i probabilistyki

CELE PRZEDMIOTU

C1 Zapoznanie z metodami analizy mediów cyfrowych
 C2 Zrozumienie natury danych z mediów społecznościowych
 C3 Zapoznanie z podstawowymi problemami i zadaniami w przetwarzaniu danych z mediów cyfrowych
 C4 Nabycie umiejętności pracy z dostępnymi narzędziami do analizy danych z mediów społecznościowych, ich modyfikacji do własnych potrzeb oraz wytwarzania
 C5 Nabycie umiejętności wykorzystania analizy mediów społecznościowych w przykładowych zastosowaniach, np. przewidywanie katastrof, monitorowanie środowiska, zarządzanie zasobami i interakcją

PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

KSI_W07 - Ma wiedzę na temat zaawansowanej analizy danych sieciowych, mediów cyfrowych i sposobów ich wykorzystania

Z zakresu umiejętności:

KSI_U01 - Potrafi wyszukać informacje z różnych źródeł, umie dokonać ich krytycznej analizy, syntezy, twórczej interpretacji oraz potrafi je zaprezentować

KSI_U02 - Potrafi formułować i testować hipotezy dotyczące prostych problemów badawczych

KSI_U03 - Potrafi sformułować problem do rozwiązania, zebrać i oczyścić dane, dobrać metodę oraz przeprowadzić eksperymenty a otrzymane wyniki poddać krytycznej analizie, dokonać ich interpretacji i prezentacji

KSI_U08 Umie kierować pracą zespołu oraz współpracować z innymi osobami w ramach projektów zespołowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

KSI_K01 Jest gotów do krytycznej oceny odbieranych treści, ma świadomość znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów.

KSI_K02 Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy

TREŚCI PROGRAMOWE

TREŚCI PROGRAMOWE		
Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do kursu, obecne wyzwania analizy danych z mediów cyfrowych	2
Wy2	System analizy mediów cyfrowych: przykład od podstaw do wartości biznesowej; Metody gromadzenia i podstawowej analizy danych z mediów	2
Wy3	Techniki wydobywania i przechowywania danych z mediów cyfrowych	2
Wy4	Metody badania charakterystyki mediów cyfrowych, treści z nich pochodzących i zachowania użytkowników, modelowanie systemów społecznościowych	2
Wy5	Algorytmy analizy i przetwarzania danych z serwisów społecznościowych: dane tekstowe, obrazy, dźwięk, wideo, dane o relacjach	2
Wy6	Zadania inteligentnej analizy danych w mediach cyfrowych: deanonimizacja, analiza wydźwięku, analiza opinii, analiza emocji, analiza sprzedażowa z mediów społecznościowych, analiza popularności, detekcja nadużyć, detekcja działalności nielegalnej, analiza demograficzna i behawioralna	2

Wy7	Zadania inteligentnej analizy danych w mediach cyfrowych: szukanie wiedzy w tłumie, handel społeczny, badanie opinii społecznej w mediach społecznościowych, predykcja zdarzeń, analiza wartości biznesowej, analiza mobilności, analiza współpracy, analiza kontrowersji	2
Wy8	Kolokwium zaliczeniowe	1
	Suma godzin	15

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1		
Ćw2		
Ćw3		
Ćw4		
..		
	Suma godzin	

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zajęcia wprowadzające, przedstawienie wymagań; wprowadzenie do metodyki realizacji laboratoriów	1
La2	Pozyskiwanie danych i ocena popularności w mediach cyfrowych.	2
La3	Ocena partycypacji w mediach cyfrowych,	2
La4	Metody analizy społeczności w mediach społecznych.	2
La5-8	Implementacja zadań przetwarzania mediów cyfrowych. Zadanie finalne.	8
	Suma godzin	15

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE	
N1. Prezentacja multimedialna na wykładzie	
N2. Demonstracja narzędzi i technik analizy danych z mediów społecznościowych na wykładzie	
N3. Konsultacje	

OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	KSI_U01, KSI_U02, KSI_U03	Ocena jakości wykonanych zadań oraz aktywności. Każde zadanie ma ustaloną liczbę punktów. Suma punktów przeliczona na procenty.
F2	KSI_U08, KSI_K01, KSI_K02	Ocena zadania finalnego. Każde zadanie ma ustaloną liczbę punktów. Suma punktów przeliczona na procenty.
P - projekt	KSI_U01, KSI_U02, KSI_U03, KSI_U08, KSI_K01, KSI_K02	Ocena wyników: średnia ważona punktów $0.4 \times F1 + 0.6 \times F2$ przeliczana na ocenę w następujący sposób: <50%, 60%) □ dst <60%, 70%) □ dst+ <70%, 80%) □ db <80%, 90%) □ db+ <90%, □ bdb
P - wykład	KSI_W07	Kolokwium z pytaniami otwartymi i zamkniętymi. Do każdego pytania przypisana jest liczba punktów. Suma punktów jest przeliczana na końcową ocenę w następujący sposób: <50%, 60%) □ dst <60%, 70%) □ dst+ <70%, 80%) □ db <80%, 90%) □ db+ <90%, □ bdb

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] M. Wainwright and M. Jordan, "Graphical Models, Exponential Families, and Variational Inference.," Found. Trends Mach. Learn., vol. 1, no. 1–2, pp. 1–305, 2008.
- [2] B. Batrinca and P. C. Treleaven, "Social media analytics: a survey of techniques, tools and platforms," AI Soc., vol. 30, no. 1, pp. 89–116, 2014.
- [3] J. van Dijck, "Facebook and the engineering of connectivity: A multi-layered approach to social media platforms," Conver. Int. J. Res. into New Media Technol., vol. 19, no. 2, pp. 141–155, 2013.
- [4] D. M. Boyd and N. B. Ellison, "Social Network Sites: Definition, History, and Scholarship," J. Comput. Commun. Soc., vol. 13, pp. 210–230, 2008.
- [5] R. Schroeder, "Big Data and the brave new world of social media research," Big Data Soc., vol. 1, no. 2, p. 205395171456319, 2014.
- [6] J. H. Kietzmann, K. Hermkens, I. P. McCarthy, and B. S. Silvestre, "Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media," Bus. Horiz., vol. 54, no. 3, pp. 241–251, 2011.
- [7] E. Ferrara, P. De Meo, G. Fiumara, and R. Baumgartner, "Web data extraction, applications and techniques: A survey," Knowledge-Based Syst., vol. 70, pp. 301–323, 2014.

- [8] VanderPlas, J.: Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data, O'Reilly Media (2016)

LITERATURA UZUPELNIAJACA:

- [1] S.E. Ahmed (Ed.): Big and Complex Data Analysis, Methodologies and Applications, Springer (2017)
- [2] Wilhelm, A. F., Kestler, H. A. (Eds.): Analysis of Large and Complex Data. Springer (2016)
- [3] Provost, F., Fawcett, T.: Data Science for Business: What You Need to Know about Data Mining and Data-Analytic Thinking, O'Reilly Media (2013)
- [4] Koller, D., Friedman, N.: Probabilistic graphical models: principles and techniques. MIT press (2009)

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

Tomasz Kajdanowicz (tomasz.kajdanowicz@pwr.edu.pl)

