

**Program studiów**

1. **Nazwa wydziału:** WYDZIAŁ MATEMATYKI I NAUK INFORMACYJNYCH
2. **Nazwa kierunku:** MATEMATYKA I ANALIZA DANYCH  
(*ang. Mathematics and Data Analysis*)
3. **Poziom studiów:** DRUGI STOPIEŃ
4. **Profil studiów:** OGÓLNOAKADEMICKI
5. **Forma studiów:** STUDIA STACJONARNE
6. **Język prowadzenia studiów:** JĘZYK POLSKI
7. **Dyscypliny naukowe** do których przypisany jest kierunek (udział %):
  - a. MATEMATYKA (75%)
  - b. INFORMATYKA TECHNICZNA I TELEKOMUNIKACJA (25%)
8. W przypadku zawodu, o którym mowa w art. 68 Ustawy, standardy kształcenia na podstawie których będą prowadzone studia: *NIE DOTYCZY*
9. Liczba semestrów studiów: CZTERY SEMESTRY
10. Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: MAGISTER

## I. OKREŚLENIE EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

### 1. Tabela odniesień efektów uczenia się dla programu studiów do:

- uniwersalnych charakterystyk pierwszego stopnia PRK, na poziomie 7 dla studiów drugiego stopnia, określonych w załączniku do ustawy o Zintegrowanym Systemie Kwalifikacji (Dz. U. z 2020 r., poz. 226) – „Odniesienie – symbol”;
- charakterystyk drugiego stopnia PRK, na poziomie 7 dla studiów drugiego stopnia, określonych przez rozporządzenie w sprawie charakterystyk drugiego stopnia dla kwalifikacji na poziomach 6–8 Polskiej Ramy Kwalifikacji (Dz. U. z 2018 r. poz. 2218) „Odniesienie – symbol I”.

#### 1) Efekty wspólne dla wszystkich specjalności

Lp.	Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I	Odniesienie – symbol
1	2	3	4	5
<b>Wiedza</b>				
1.	MAD2_W01	Absolwent ma pogłębioną wiedzę dotyczącą modeli analitycznych, probabilistycznych, algebraicznych.	I.P7S_WG.o	P7U_W
2.	MAD2_W02	Absolwent ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań badawczych w zakresie modelowania matematycznego.	I.P7S_WG.o	P7U_W
3.	MAD2_W03	Absolwent ma ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w zakresie matematyki.	I.P7S_WG.o	P7U_W
4.	MAD2_W04	Absolwent zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	I.P7S_WK	P7U_W
5.	MAD2_W05	Absolwent ma ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju w zakresie przedmiotów ekonomiczno-społecznych.	I.P7S_WK	P7U_W
<b>Umiejętności</b>				
6.	MAD2_U01	Absolwent potrafi w przystępny sposób przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu po polsku lub w języku obcym (zgodnie z wymaganiami określonymi dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego), zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników, zwłaszcza w obszarze związanym ze studiowanym kierunkiem.	I.P7S_UK	P7U_U
7.	MAD2_U02	Absolwent potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	I.P7S_UU	P7U_U
8.	MAD2_U03	Absolwent potrafi współdziałać i pracować w zespole przyjmując w nim różne role. Potrafi kierować pracą zespołu.	I.P7S_UO	P7U_U
<b>Kompetencje społeczne</b>				
9.	MAD2_K01	Absolwent rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związane z tym odpowiedzialności.	I.P7S_KK	P7U_K
10.	MAD2_K02	Absolwent jest gotów do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy.	I.P7S_KO	P7U_K
11.	MAD2_K03	Absolwent jest gotów do przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	I.P7S_KR	P7U_K

**2) Specjalność: Statystyka matematyczna i analiza danych (SMAD)**

Lp.	Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
1	2	3	4	5
<b>Wiedza</b>				
1.	MAD2SMAD_W01	Absolwent zna własności wybranych rozkładów wielowymiarowych oraz metody estymacji i testowania hipotez w przypadku wielowymiarowym.	I.P7S_WG.o	P7U_W
2.	MAD2SMAD_W02	Zna podstawowe testy nieparametryczne, metody badania niezależności oraz kwantyfikacji siły zależności.	I.P7S_WG.o	P7U_W
3.	MAD2SMAD_W03	Zna podstawy estymacji nieparametrycznej i różne metody wygładzania.	I.P7S_WG.o	P7U_W
4.	MAD2SMAD_W04	Zna metody generowania rozkładów prawdopodobieństwa, w tym wielowymiarowych, zna metodę symulowanego wyżarzania i algorytmy EM i MCEM. Wie jak działa metoda bootstrap i jej warianty.	I.P7S_WG.o	P7U_W
5.	MAD2SMAD_W05	Zna podstawowe metody Monte Carlo Markow Chain (algorytm Metropolisa-Hastingsa i próbnik Gibbsa), zna warunki zbieżności tych algorytmów.	I.P7S_WG.o	P7U_W
6.	MAD2SMAD_W06	Zna pojęcia funkcji przeżycia, funkcji hazardu i mechanizmu cenzorowania. Wie, czym jest tablica przeżycia i zna podstawowe wskaźniki demograficzne. Zna estymator Kaplana-Meiera oraz podstawowe testy równości dwóch krzywych przeżycia. Zna model proporcjonalnych hazardów, modele analizy przeżyć z efektami losowymi oraz modele wielostanowe.	I.P7S_WG.o	P7U_W
7.	MAD2SMAD_W07	Zna pojęcia stacjonarnego szeregu czasowego, funkcji korelacji i korelacji częściowej procesów ARMA, ARIMA, SARIMA i procesu liniowego oraz procesów warunkowo heteroskedastycznych.	I.P7S_WG.o	P7U_W
8.	MAD2SMAD_W08	Wie, co to jest dystrybuanta i gęstość spektralna oraz zna związki między funkcją autokowariancji a gęstością spektralną. Wie jak konstruować filtry dolnoprzepustowe. Zna konstrukcję periodogramu.	I.P7S_WG.o	P7U_W
9.	MAD2SMAD_W09	Zna podstawy teoretyczne analizy składowych głównych, analizy składowych niezależnych oraz analizy dyskryminacyjnej w modelu gaussowskim.	I.P7S_WG.o	P7U_W
10.	MAD2SMAD_W10	Zna metodologię konstrukcji kluczowych typów klasyfikatorów oraz metody adaptacji klasycznych klasyfikatorów i estymatorów regresji w problemach o wysokiej i bardzo wysokiej wymiarowości. Zna metody optymalizacji ryzyka empirycznego i jej wykorzystanie w klasyfikacji.	I.P7S_WG.o	P7U_W
11.	MAD2SMAD_W11	Zna podstawowe bezmodelowe i modelowe metody analizy skupień.	I.P7S_WG.o	P7U_W
12.	MAD2SMAD_W12	Zna metodologię estymacji, predykcji oraz testowania hipotez w ujęciu bayesowskim.	I.P7S_WG.o	P7U_W
13.	MAD2SMAD_W13	Wie, czym jest model hierarchiczny oraz ukryte modele Markowa. Zna metody regresji w ujęciu bayesowskim.	I.P7S_WG.o	P7U_W
14.	MAD2SMAD_W14	Zna postać modelu logistycznego oraz związane z nim testy oraz metody diagnostyczne. Zna postać poissonowskiego modelu regresyjnego oraz podstawowe metody analizy tablic wielozmiennych przy użyciu modeli log-liniowych.	I.P7S_WG.o	P7U_W
15.	MAD2SMAD_W15	Zna sformułowanie uogólnionego modelu liniowego, pojęcie funkcji łączącej, ogólną postać odchylenia, testów istotności i dopasowania oraz metody konstrukcji rezyduów. Zna pojęcie efektu losowego, liniowego modelu mieszanego, nadwyżki rozproszenia, quasi-wiarogodności oraz równań estymujących.	I.P7S_WG.o	P7U_W

Umiejętności				
16.	MAD2SMAD_U01	Absolwent umie badać własności wielowymiarowego rozkładu normalnego; potrafi wyznaczać estymatory oraz weryfikować hipotezy w wielowymiarowym modelu normalnym.	I.P7S_UW.o	P7U_U
17.	MAD2SMAD_U02	Umie dobrać test nieparametryczny właściwy do badanego zagadnienia i potrafi stosować ów test w praktyce. Potrafi dla danych ilościowych i jakościowych znajdować wskaźniki zależności i badać niezależność cech.	I.P7S_UW.o	P7U_U
18.	MAD2SMAD_U03	Potrafi przeprowadzić estymację gęstość rozkładu oraz nieparametryczną estymację funkcji regresji.	I.P7S_UW.o	P7U_U
19.	MAD2SMAD_U04	Umie wygenerować próby pseudolosowe metodą odwracania dystrybuanty, eliminacji, ilorazu równomiernego. Umie wygenerować próby bootstrap, wygładzony bootstrap, jackknife i zastosować je do oceny zmienności estymatora.	I.P7S_UW.o	P7U_U
20.	MAD2SMAD_U05	Umie skonstruować algorytm Metropolisa-Hastingsa dla zadanego rozkładu oraz zdiagnozować jego zbieżność.	I.P7S_UW.o	P7U_U
21.	MAD2SMAD_U06	Umie wyznaczyć estymator Kaplana-Meiera i skumulowanego hazardu ocenić jego dokładność i wyznaczyć przedziały ufności dla prawdopodobieństwa dożycia oraz zinterpretować wyniki odpowiednich testów.	I.P7S_UW.o	P7U_U
22.	MAD2SMAD_U07	Umie wyznaczyć podstawowe estymatory parametryczne funkcji przeżycia, skonstruować tablicę przeżycia i wyznaczyć estymatory podstawowych parametrów demograficznych. Umie dopasować do danych i zinterpretować modele analizy przeżyć z efektami losowymi bądź model wielostanowy.	I.P7S_UW.o	P7U_U
23.	MAD2SMAD_U08	Umie dopasować i przeprowadzić diagnostykę dopasowania podstawowych klas szeregów czasowych (ARMA, ARIMA, multiplikatywny SARIMA). Zna metody identyfikacji i prognozy szeregów. Umie obliczyć funkcje kowariancji i korelacji częściowej oraz obliczyć błąd predykcji. Umie dopasować do danych modele warunkowo heteroskedastyczne.	I.P7S_UW.o	P7U_U
24.	MAD2SMAD_U09	Umie skonstruować periodogram oraz potrafi obliczyć gęstość spektralną procesu. Umie skonstruować filtr dolnoprzepustowy oraz przeprowadzić test białego szumu oparty na periodogramie.	I.P7S_UW.o	P7U_U
25.	MAD2SMAD_U10	Umie skonstruować klasyfikatory liniowe i ocenić błędy klasyfikacji. Umie stosować metodę SVM i jej wersję jądrową w problemach klasyfikacji i estymacji regresji.	I.P7S_UW.o	P7U_U
26.	MAD2SMAD_U11	Umie stosować metody analizy składowych głównych w konkretnych zagadnieniach, wybierać liczbę kierunków w tej metodzie oraz oceniać jej skuteczność. Umie stosować metodę skalowania wielowymiarowego.	I.P7S_UW.o	P7U_U
27.	MAD2SMAD_U12	Umie przeprowadzać analizę skupień stosując metodę k-średnich i jej warianty, metodę mieszanek i spektralną oraz sieci samoorganizujące się Kohonena.	I.P7S_UW.o	P7U_U
28.	MAD2SMAD_U13	Umie skonstruować estymatory bayesowskie, bayesowskie przedziały ufności oraz test bayesowski.	I.P7S_UW.o	P7U_U
29.	MAD2SMAD_U14	Umie skonstruować próbnik Gibbsa w prostych modelach hierarchicznych oraz przeprowadzić analizę regresji w ujęciu bayesowskim.	I.P7S_UW.o	P7U_U
30.	MAD2SMAD_U15	Potrafi dopasować do danych model logistyczny oraz regresyjny model poissonowski, przeprowadzić testy istotności, dopasowania oraz diagnostykę. Umie skonstruować podstawowe modele log-liniowe dla tablicy wielozdzielczej oraz przeprowadzić testy istotności zmiennych i występowania interakcji między nimi. Umie dopasować do danych model mieszany oraz zinterpretować jego wyniki.	I.P7S_UW.o	P7U_U

31.	MAD2SMAD_U16	Umie obliczyć wartość średnią, wariancję oraz postać odchylenia dla wybranych uogólnionych modeli liniowych oraz skonstruować przybliżony estymator największej wiarygodności metodą iterowanych ważonych najmniejszych kwadratów.	I.P7S_UW.o	P7U_U
-----	--------------	--	------------	-------

### 3) Specjalność: Probabilistyka i Modelowanie (PRiMO)

Lp.	Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
1	2	3	4	5
<b>Wiedza</b>				
1.	MAD2PRiMO_W01	Absolwent posiada wiedzę z teorii martyngałów, całki stochastycznej i stochastycznych równań różniczkowych oraz zna najważniejsze twierdzenia z tego zakresu.	I.P7S_WG.o	P7U_W
2.	MAD2PRiMO_W02	Zna metody modelowania różnych rynków finansowych (przy założeniu deterministycznej stopy procentowej) oraz metody wyceny instrumentów pochodnych i zabezpieczania wypłat.	I.P7S_WG.o	P7U_W
3.	MAD2PRiMO_W03	Zna podstawowe metody modelowania stóp procentowych, modele chwilowej stopy procentowej, stóp forward (HJM), metody wyceny instrumentów pochodnych stopy procentowej.	I.P7S_WG.o	P7U_W
4.	MAD2PRiMO_W04	Zna model ryzyka indywidualnego, jego charakterystyki, sposoby wyznaczania dokładnych i przybliżonych rozkładów prawdopodobieństw strat, zagadnienie aproksymacji modelami złożonymi.	I.P7S_WG.o	P7U_W
5.	MAD2PRiMO_W05	Zna podstawowe modele ryzyka złożonego, ich własności i charakteryzacje, metody obliczania dokładnych i przybliżonych rozkładów prawdopodobieństw dla portfela początkowego i reasekurowanego.	I.P7S_WG.o	P7U_W
6.	MAD2PRiMO_W06	Zna modele procesów ryzyka, sposoby wyznaczania prawdopodobieństwa ruiny i jego aproksymacji, rozkłady prawdopodobieństw maksymalnej straty i deficytu.	I.P7S_WG.o	P7U_W
7.	MAD2PRiMO_W07	Zna metody zaawansowane numeryczne i symulacyjne wyceny instrumentów pochodnych oraz metody ich zabezpieczania.	I.P7S_WG.o	P7U_W
8.	MAD2PRiMO_W08	Zna podstawowe modele probabilistyczne w biologii i genetyce.	I.P7S_WG.o	P7U_W
9.	MAD2PRiMO_W09	Zna modele grafów i sieci losowych oraz ich ewolucji w czasie.	I.P7S_WG.o	P7U_W
10.	MAD2PRiMO_W10	Zna podstawowe zastosowania modeli grafowych, w szczególności ich zastosowania do modelowania macierzy kowariancji w modelach gaussowskich.	I.P7S_WG.o	P7U_W
11.	MAD2PRiMO_W11	Zna metody optymalizacji stochastycznej w tym algorytmy gradientowe i MCMC.	I.P7S_WG.o	P7U_W
12.	MAD2PRiMO_W12	Zna podstawowe pojęcia wysokowymiarowej probabilistyki, takie jak wektory, macierze losowe, nierówności probabilistyczne.	I.P7S_WG.o	P7U_W
13.	MAD2PRiMO_W13	Ma pogłębioną wiedzę probabilistyczną w tym zna teorię wielkich odchyłeń, rozkłady ekstremalne, różnorodne metryki na przestrzeni miar probabilistycznych.	I.P7S_WG.o	P7U_W
14.	MAD2PRiMO_W14	Ma zna różnorodne procesy stochastyczne służące do modelowania zjawisk z różnych dziedzin nauki.	I.P7S_WG.o	P7U_W
15.	MAD2PRiMO_W15	Zna zasady i modele wyznaczania składek ubezpieczeniowych.	I.P7S_WG.o	P7U_W
<b>Umiejętności</b>				
16.	MAD2PRiMO_U01	Absolwent potrafi dobrać odpowiednie metody aproksymacji rozkładu strat dla różnych zagadnień ubezpieczeniowych oraz wyznaczać parametry portfela.	I.P7S_UW.o	P7U_U

Lp.	Symbol efektu uczenia się	Efekt uczenia się	Odniesienie – symbol I/III	Odniesienie – symbol
1	2	3	4	5
17.	MAD2PRiMO_U02	Potrafi wyznaczyć aproksymacje prawdopodobieństwa ruiny dla różnych modeli procesu rezerw oraz wysokość składki przy ograniczeniach na prawdopodobieństwo ruiny.	I.P7S_UW.o	P7U_U
18.	MAD2PRiMO_U03	Potrafi znaleźć rozkład prawdopodobieństwa maksymalnej straty i deficytu w różnych momentach spadków rezerw oraz ich charakterystyki.	I.P7S_UW.o	P7U_U
19.	MAD2PRiMO_U04	Swobodnie posługuje się pakietami obliczeniowymi i programami do analizy zagadnień ubezpieczeniowych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
20.	MAD2PRiMO_U05	Swobodnie posługuje się pakietami obliczeniowymi i programami do obróbki i analizy danych w zagadnieniach finansowych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
21.	MAD2PRiMO_U06	Potrafi stosować narzędzia z analizy stochastycznej i rachunku prawdopodobieństwa w zagadnieniach modelowania ryzyka finansowego i ubezpieczeniowego.	I.P7S_UW.o	P7U_U
22.	MAD2PRiMO_U07	Potrafi zastosować różne modele i metody wyceny instrumentów pochodnych oraz sposoby ich zabezpieczania.	I.P7S_UW.o	P7U_U
23.	MAD2PRiMO_U08	Potrafi stosować modele stochastycznej stopy procentowej do wyceny instrumentów pochodnych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
24.	MAD2PRiMO_U09	Potrafi zastosować metody numeryczne do wyceny instrumentów pochodnych wykorzystując języki programowania.	I.P7S_UW.o	P7U_U
25.	MAD2PRiMO_U10	Posiada umiejętność stosowania technik symulacyjnych w wycenie instrumentów pochodnych oraz zarządzaniu ryzykiem.	I.P7S_UW.o	P7U_U
26.	MAD2PRiMO_U11	Umie przeprowadzić symulację rozwiązania problemu optymalizacyjnego za pomocą różnorodnych metod.	I.P7S_UW.o	P7U_U
27.	MAD2PRiMO_U12	Umie badać własności wielowymiarowego rozkładu normalnego; potrafi wyznaczać estymatory macierzy kowariancji za pomocą różnorodnych metod.	I.P7S_UW.o	P7U_U
28.	MAD2PRiMO_U13	Potrafi korzystać z pakietów obliczeniowych do reprezentacji i badania sieci losowych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
29.	MAD2PRiMO_U14	Umie symulować różnorodne sieci i grafy losowe.	I.P7S_UW.o	P7U_U
30.	MAD2PRiMO_U15	Umie wykorzystywać metody wysokowymiarowej probabilistyki.	I.P7S_UW.o	P7U_U
31.	MAD2PRiMO_U16	Umie stosować poznane modele probabilistyczne w biologii.	I.P7S_UW.o	P7U_U
32.	MAD2PRiMO_U17	Dla zadanego problemu/tematu potrafi znaleźć w literaturze odpowiednie informacje i przedstawić je w sposób przystępny w postaci opracowania (referatu).	I.P7S_UO	P7U_U
33.	MAD2PRiMO_U18	Potrafi samodzielnie i ze zrozumieniem studiować teksty matematyczne związane tematycznie z zagadnieniami omawianymi na zajęciach, umie przedstawić na piśmie poznaną w ten sposób tematykę oraz określić jakie są otwarte pytania dotyczące omawianej tematyki.	I.P7S_UU	P7U_U
34.	MAD2PRiMO_U19	Potrafi używać narzędzi z teorii martyngałów i równań stochastycznych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
35.	MAD2PRiMO_U20	Potrafi konstruować model rynku finansowego bez arbitrażu.	I.P7S_UW.o	P7U_U
36.	MAD2PRiMO_U21	Umie wykorzystywać różnorodne zaawansowane narzędzia probabilistyczne w zagadnieniach teoretycznych i praktycznych.	I.P7S_UW.o	P7U_U
37.	MAD2PRiMO_U22	Umie zaimplementować poznane narzędzia i algorytmy.	I.P7S_UW.o	P7U_U

*Kod składowa charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji, określony w uchwale Senatu PW w sprawie przyjęcia przez Politechnikę Warszawską kodu składowa charakterystyk drugiego stopnia Polskiej Ramy Kwalifikacji dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego.*

2. Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia (*należy uwzględnić również praktyki zawodowe jeśli praktyka jest przewidziana*): egzamin pisemny, egzamin ustny, kolokwium pisemne, kolokwium ustne, sprawozdanie/ raport pisemny, projekt, prezentacja, praca domowa, esej, ocena aktywności podczas zajęć, samoocena.

## II. REALIZACJA PROGRAMU STUDIÓW

Specjalność Probabilistyka i modelowanie (PRiMO)

Specjalność: Statystyka matematyczna i analiza danych (SMAD)

<i>Nazwa specjalności:</i>	<b>PRiMO</b>	<b>SMAD</b>
Łączna liczba godzin zajęć:	1365 godz.	1320 godz.
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów ( <i>wraz z obowiązkowymi praktykami</i> ):	123 ECTS (w tym 3 ECTS obowiązkowe praktyki)	
Procentowy udział liczby punktów ECTS w liczbie punktów ECTS koniecznej do ukończenia studiów ze wskazaniem <b>dyscypliny wiodącej</b> : – dyscyplina naukowa: <b>matematyka</b> – dyscyplina naukowa: <b>informatyka techniczna i telekomunikacja</b>	73,17% 26,83%	73,17% 26,83%
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających <b>bezpośredniego udziału</b> nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	64 ECTS	63 ECTS
Liczba punktów ECTS jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z <b>dziedziny nauk humanistycznych</b> lub nauk społecznych, w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych:	5 ECTS	
Liczba godzin zajęć z <b>wychowania fizycznego</b> na studiach prowadzonych w formie stacjonarnej:	0 godz.	
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć podlegających <b>wyborowi przez studenta</b> ( <i>w wymiarze nie mniejszym niż 30% liczby punktów ECTS koniecznych do ukończenia studiów na danym poziomie</i> ):	65 ECTS, tj. 52,85%	63 ECTS, tj. 51,22%
<b>Dla studiów o profilu ogólnoakademickim:</b> Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć związanych z prowadzoną w Uczelni <b>działalnością naukową</b> w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów ( <i>w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na danym poziomie</i> ), z uwzględnieniem udziału studentów w zajęciach przygotowujących do prowadzenia działalności naukowej lub udziału w tej działalności:	72 ECTS, tj. 58,54%	76 ECTS, tj. 61,79%
Liczba punktów ECTS, jaka może być uzyskana w ramach kształcenia z wykorzystaniem metod i technik kształcenia na odległość: ( <i>liczba punktów ECTS nie może być większa niż 50% liczby punktów ECTS koniecznej do ukończenia studiów – w przypadku studiów o profilu praktycznym albo 75% liczby punktów ECTS koniecznej do ukończenia studiów – w przypadku studiów o profilu ogólnoakademickim</i> ).	0 ECTS, tj. 0%	0 ECTS, tj. 0%
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z matematyki	Łączna liczba ECTS na I oraz II stopniu wynosi ponad 18 ECTS (minimum 270 godzin)	
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z fizyki	Łączna liczba ECTS na I oraz II stopniu wynosi ponad 7 ECTS (minimum 105 godzin)	
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS języków obcych	Realizowany przedmiot w języku angielskim w wymiarze minimum 30 godzin	
Liczba punktów ECTS za pracę dyplomową	20	



### III. WYMIAR, ZASADY, FORMA PRAKTYK ZAWODOWYCH

Wymiar praktyk: minimum 90 godzin

Liczba punktów ECTS: 3

Zasady i forma odbywania praktyk: Studenci mogą odbywać praktyki zawodowe w podmiotach zewnętrznych (na stanowiskach zgodnych z profilem studiów) lub w jednostkach naukowo-dydaktycznych Wydziału (po uzyskaniu zgody Dziekana). Zaliczenie dokonywane jest w oparciu o sprawozdanie z przebiegu praktyk oraz zaświadczenie od pracodawcy przygotowane zgodnie z zasadami określonymi przez zarządzenie Rektora Politechniki Warszawskiej i precyzowanymi przez *Regulamin praktyk studenckich na Wydziale Matematyki i Nauk Informacyjnych* wprowadzony odpowiednim zarządzeniem Dziekana Wydziału Matematyki i Nauk Informacyjnych

Efekty uczenia się dla praktyk:

lp.	Symbol efektu uczenia się dla praktyk	Opis efektu uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
1	2	3	4	5
<b>WIEDZA</b>				
1	PRAKT_W01	Ma wiedzę dotyczącą sposobu realizacji projektów lub procesów wymagających wsparcia matematycznego.	MAD2_W02 MAD2_W03 MAD2_W04	sprawozdanie z przebiegu praktyk
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>				
2	PRAKT_U01	Realizuje zadania w projekcie lub procesie wymagającym znajomości matematyki z wykorzystaniem ogólnie narzuconej metody i założeń.	MAD2_U03	sprawozdanie z przebiegu praktyk
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>				
3	PRAKT_K01	Współdziała w zespole i/lub z przedstawicielem klienta.	MAD2_K01 MAD2_K03 MAD2_K04	sprawozdanie z przebiegu praktyk

#### IV. SYLABUSY

Zajęcia lub grupy zajęć, niezależnie od formy ich prowadzenia, wraz z przypisaniem do nich efektów uczenia się i treści programowych zapewniających uzyskanie tych efektów – zgodnie z poniższym wzorem.

W okresie przejściowym, w roku akademickim 2020/2021 dopuszcza się stosowanie wydruków sylabusów z programu „Katalog Przedmiotów ECTS”.

#### Specjalność Probabilistyka i modelowanie

W planie studiów są:

- przedmioty obowiązkowe, z których student uzyskuje 84 ECTS, w tym seminarium 1 oraz 2 za 4 ECTS, seminarium dyplomowe za 2 ECTS oraz praca dyplomowa za 20 ECTS, które podlegają wyborowi przez studenta;
- przedmioty obieralne, z których student może uzyskać minimum 31 ECTS. W ramach następujących przedmiotów obieralnych student musi zrealizować minimum ECTS i godz. zajęć:
  - przedmiot obieralny I: 5 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny II: 4 ECTS, 45 godzin
  - przedmiot obieralny III: 4 ECTS, 45 godzin
  - przedmiot obieralny IV: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny V: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny VI: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny VII: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny VIII: 2 ECTS, 30 godzin
- 5 ECTS za przedmioty humanistyczne;
- 3 ECTS za praktyki studenckie.

#### Przedmioty obowiązkowe:

1. Modele probabilistyczne w biologii
2. Optymalizacja stochastyczna
3. Teoria ryzyka w ubezpieczeniach
4. Podstawy analizy stochastycznej
5. Statystyczne modele grafowe
6. Wybrane zagadnienia probabilistyki
7. Matematyka finansowa
8. Sieci i grafy losowe
9. Wysokowymiarowa probabilistyka
10. Warsztaty badawcze
11. Seminarium 1
12. Seminarium 2
13. Seminarium dyplomowe
14. Praca dyplomowa

Modele probabilistyczne w biologii		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	5	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Wykład będzie podzielony na dwie główne części: <b>I. Modele bazujące na podstawowych pojęciach rachunku prawdopodobieństwa.</b> <b>II. Zastosowania łańcuchów Markowa.</b>  W ramach tych części omówione zostaną następujące tematy: Część I: <ul style="list-style-type: none"> <li>· Stochastyczny charakter zjawisk przyrodniczych.</li> <li>· Czynniki i prognozy demograficzne, model McKendricka.</li> <li>· Zastosowania w zagadnieniach ochrony zdrowia: współczynniki surowe i standaryzowane, współczynniki ryzyka, testy wielokrotne.</li> <li>· Elementarne modele genetyki populacyjnej.</li> <li>· Funkcja przeżycia i oczekiwany czas życia.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Modele pokoleniowe cyklu komórkowego.</li> <li>· Szacowanie wielkości populacji.</li> <li>· Informacja i entropia w genetyce.</li> </ul> <p>Część II:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Stopień pokrewieństwa.</li> <li>· Dryf genetyczny, koalescencja Kingmana.</li> <li>· Modelowanie rozwoju epidemii.</li> <li>· Aktywacja i dezaktywacja genów, ekspresja genów, sieci regulatorowe, modele ewolucji DNA.</li> <li>· Proces urodzin i śmierci.</li> <li>· Procesy gałązkowe.</li> <li>· Stochastyczne automaty komórkowe.</li> </ul> <p>Ćwiczenia dotyczyć będą konkretnych problemów oraz zadań do samodzielnego rozwiązania bądź rozwiązania „przy tablicy”, przy czym zdania te będą obejmowały wszystkie z tematów anonsowanych wyżej w planie wykładów.</p>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Student zna modele probabilistyczne różnorodnych zjawisk biologicznych i demograficznych.	MAD2PRiMO_W08 MAD2_W01	
W02	Student zna podstawowe przykłady procesów gałązkowych, procesów urodzin i śmierci oraz ich zastosowania w epidemiologii i genetyce.	MAD2PRiMO_W08 MAD2PRiMO_W14	
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Student potrafi wyznaczać skuteczność testów medycznych.	MAD2PRiMO_U16	
U02	Student potrafi wyznaczać funkcję przeżycia i oczekiwany czas życia.	MAD2PRiMO_U16	
U03	Student potrafi stosować teorię łańcuchów Markowa w modelowaniu zjawisk biologicznych.	MAD2PRiMO_U16	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związaną z tym odpowiedzialność.	MAD2_K01	

<b>Optimalizacja stochastyczna</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	15
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p><b>Wykład:</b></p> <p>0. PWL (Prawo Wielkich Liczb) i CTG (Centralne Twierdzenie Graniczne), symulacja zbieżności odpowiednich średnich.</p> <p>1. Elementy teorii estymacji; elementy teorii procesów stochastycznych.</p> <p>2. Metody iteracyjne I: Stochastyczna Aproksymacja; całkowanie Monte Carlo.</p> <p>3. Metody iteracyjne II: Losowe szukanie i jego warianty: Przyspieszone szukanie losowe i in.</p> <p>4. Twierdzenie o braku darmowych obiadów (No Free Lunch Theorem).</p>	

	<p>5. MCMC (próbki Monte Carlo łańcuchami Markowa) i zastosowania I: próbkowanie Gibbsa.</p> <p>6. MCMC i zastosowania II: algorytm Metropolis-Hastingsa.</p> <p>7. Metody gradientowe I: SGD (Stochastyczne schodzenie gradientowe) i jego warianty.</p> <p>8. Metody gradientowe II: Symulowane wyżarzanie.</p> <p>9. Metody gradientowe III: AdaGrad, RMSProp.</p> <p>10. Metody gradientowe IV: Adam.</p> <p><b>Laboratorium:</b> Dotyczyć będzie implementacji rozwiązań omawianych na wykładzie oraz ich użyciu do prowadzenia symulacji oraz eksperymentalnego zrozumienia charakterystyk omawianych algorytmów i ich hiperparametrów.</p> <p><b>Ćwiczenia:</b> W ich trakcie studenci będą rozwiązywać zadania będące uzupełnieniem oraz dygresjami w stosunku do zagadnień omawianych na wykładzie oraz teoretyczną analizą przykładów.</p>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Student zna podstawowe algorytmy optymalizacji stochastycznej i ich ograniczenia.	MAD2PRiMO_ W11 MAD2PRiMO_ W14	Kolokwium, aktywność, laboratorium
W02	Student zna gradientowe algorytmy optymalizacji stochastycznej i ich ograniczenia	MAD2PRiMO_ W11 MAD2PRiMO_ W14	Kolokwium, aktywność, laboratorium
W03	Student zna algorytmy optymalizacji stochastycznej oparte o MCMC i ich ograniczenia.	MAD2PRiMO_ W11 MAD2PRiMO_ W14	Kolokwium, aktywność, laboratorium
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Student umie przeprowadzić symulację rozwiązania problemu optymalizacyjnego za pomocą metod opartych o podstawowe algorytmy optymalizacji stochastycznej.	MAD2PRiMO_ U11 MAD2PRiMO_ U21	Kolokwium, laboratorium
U02	Student umie przeprowadzić symulację rozwiązania problemu optymalizacyjnego za pomocą metod opartych o gradientowe algorytmy optymalizacji stochastycznej.	MAD2PRiMO_ U11 MAD2PRiMO_ U21	Kolokwium, laboratorium
U03	Student umie przeprowadzić symulację rozwiązania problemu optymalizacyjnego za pomocą metod opartych o algorytmy optymalizacji stochastycznej wykorzystujące MCMC.	MAD2PRiMO_ U11 MAD2PRiMO_ U21	Kolokwium, laboratorium
U04	Student potrafi zaimplementować algorytmy optymalizacji stochastycznej bez odwoływania się do wysokopoziomowych bibliotek.	MAD2PRiMO_ U11 MAD2PRiMO_ U22	Laboratorium
U05	Student potrafi klarownie komunikować rozwiązanie problemu oraz przygotować przekonujące symulacje/wizualizacje rozwiązania.	MAD2_U01	Aktywność, laboratorium

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.	MAD2PRiMO_ K02	Aktywność, laboratorium

Teoria ryzyka w ubezpieczeniach		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	15
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Zapoznanie się z następującymi pojęciami i zagadnieniami z zakresu ubezpieczeń majątkowych:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modele ryzyka indywidualnego i kolektywnego: funkcje generujące momenty i funkcje generujące kumulanty; współczynnik zmienności, skośności i kurtozy; spłot zmiennych losowych; podstawowe rozkłady liczby szkód i ich własności; modelowanie łącznej wartości szkód za pomocą rozkładów złożonych; rozkłady klas (a,b,m); wzór rekurencyjny Panjera; aproksymacje rozkładu łącznej wartości szkód; rozkłady złożone (w tym złożony mieszany rozkład Poissona);</li> <li>2. Teoria ruiny: prawdopodobieństwo ruiny w modelach z czasem dyskretnym; współczynnik dopasowania; poissonowski proces pojawiania się szkód; mieszanina rozkładów wykładniczych; rozkład kolejnych strat; szacowanie prawdopodobieństwa ruiny; aproksymacje prawdopodobieństwa ruiny.</li> <li>3. Kalkulacja składek ubezpieczeniowych i miar ryzyka w modelach ryzyka indywidualnego i kolektywnego: ogólne zasady ustalania wysokości składki ubezpieczeniowej; klasyczne metody kalkulacji składki ubezpieczeniowej; górny limit odpowiedzialności; franszyza; wyznaczanie wysokości współczynnika bezpieczeństwa; VaR; porządki stochastyczne; reasekuracja.</li> <li>4. Kalkulacja rezerw techniczno-ubezpieczeniowych, trójkąty szkód i metoda chain-ladder: rodzaje rezerw techniczno-ubezpieczeniowych i ich znaczenie; metody tworzenia rezerw (metody uproszczone oraz metody oparte na trójkącie szkód – metoda chain-ladder).</li> <li>5. System bonus-malus: charakterystyka systemu bonus-malus w ubezpieczeniach komunikacyjnych; konstrukcja i własności tego systemu; Markowski model systemu bonus-malus.</li> <li>6. Teoria zaufania: zagadnienie predykcji; kalkulacja składki metodą wiarygodności (prosty model Bühlmana, zrównoważony model Bühlmana).</li> </ol> <p>Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wprowadzenie zasady Wypłacalność II i zasady rachunkowe.</li> <li>2. Taryfikacja składki (składka netto i brutto).</li> <li>3. Metody liczenia rezerw.</li> <li>4. Metoda chain ladder dla rezerwy IBNR.</li> <li>5. SCR formuła standardowa dla modułu ryzyka aktuarialnego majątkowego – ryzyko składki i ryzyko rezerw</li> <li>6. SCR formuła standardowa dla modułu ryzyka aktuarialnego majątkowego – ryzyko katastroficzne z uwzględnieniem reasekuracji</li> <li>7. SCR formuła standardowa dla modułu ryzyka rynkowego (skupieniu się na ryzyku stopy procentowej)</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Student zna podstawowe modele ryzyka.	MAD2PRiMO_ W04 MAD2PRiMO_ W05	Aktywność na zajęciach, egzamin pisemny.
W02	Student zna podstawowe metody wyznaczania prawdopodobieństwa ruiny.	MAD2PRiMO_ W06	Aktywność na zajęciach, egzamin pisemny.
W03	Student zna podstawowe metody wyznaczania składek.	MAD2PRiMO_ W15	Aktywność na zajęciach, egzamin pisemny.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Student potrafi wyznaczyć rozkład łącznej wartości szkód oraz jego charakterystyki.	MAD2PRiMO_ U01	Egzamin pisemny.
U02	Potrafi wyznaczyć aproksymacje prawdopodobieństwa ruiny dla różnych modeli procesu nadwyżki ubezpieczyciela oraz wysokość składki przy ograniczeniach na prawdopodobieństwo ruiny.	MAD2PRiMO_ U02 MAD2PRiMO_ U03	Egzamin pisemny.
U03	Potrafi znaleźć rozkład prawdopodobieństwa maksymalnej straty i deficytu w różnych momentach spadków nadwyżki ubezpieczyciela oraz ich charakterystyki.	MAD2PRiMO_ U02	Egzamin pisemny.
U04	Swobodnie posługuje się pakietami obliczeniowymi i programami do analizy zagadnień ubezpieczeniowych.	MAD2PRiMO_ U04	Laboratorium
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Rozumie rolę aktuarium w firmie ubezpieczeniowej oraz złożony mechanizm aktuarialnej wyceny umów ubezpieczenia.	MAD2PRiMO_ K03	

<b>Podstawy analizy stochastycznej</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	45
	Ćwiczenia	45
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Wykład: 1. Martyngały – definicja i podstawowe własności. 2. Momenty stopu. Twierdzenie Dooba. 3. Rozkład Dooba. Zagadnienia optymalnego stopowania i optymalnego przzerwania dla gier stochastycznych. 4. Martyngały z czasem ciągłym. 5. Martyngały lokalne. 6. Absolutna ciągłość i równoważność miar probabilistycznych. Abstrakcyjny wzór Bayesa. 7. Proces Wienera - własności trajektorii. 8. Całka Itô – definicja i podstawowe własności. 9. Wzór Itô i jego zastosowania.	

	<p>10. Stochastyczne równania różniczkowe - istnienie rozwiązań dla równań o współczynnikach lipschitzowskich, jawna postać dla równań o stałych współczynnikach.</p> <p>11. Twierdzenia o reprezentacji martyngałów. Twierdzenie P. Levy'ego.</p> <p>12. EkspONENTA stochastyczna, wykładnicze martyngały, twierdzenie Girsanowa i jego zastosowania.</p> <p>Ćwiczenia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Przykłady martyngałów, momentów stopu.</li> <li>2. Wyznaczanie obwiedni Snella i optymalnego momentu zatrzymania.</li> <li>3. Przykłady gier Dynkina, wyznaczanie ich wartości i optymalnych strategii.</li> <li>4. Badanie własności martyngałów i lokalnych martyngałów.</li> <li>5. Wybrane własności trajektorii procesu Wienera.</li> <li>6. Całka Ito i całka względem miar losowych - przykłady.</li> <li>7. Procesy Levy'ego – przykłady i własności</li> <li>8. Wariacja kwadratowa i wzór Ito – zastosowania.</li> <li>9. Przykłady metod rozwiązywania równań stochastycznych.</li> <li>10. Zastosowania twierdzenia Girsanowa, zasada odbicia.</li> </ol>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
PAS_W01	Ma ogólną wiedzę z teorii martyngałów (Twierdzenia o zbieżności, nierówności martyngałowe).	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
PAS_W02	Rozumie i potrafi wytłumaczyć konstrukcję całki Itô.	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
PAS_W03	Zna wzór Itô.	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
PAS_W04	Zna twierdzenia o istnieniu i jednoznaczności stochastycznych równań różniczkowych i różne metody ich rozwiązywania.	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
PAS_W05	Zna eksponentę stochastyczną.	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
PAS_W06	Zna Twierdzenie o reprezentacji martyngałowej i Twierdzenie Girsanowa.	MAD2PRiMO_W01	Egzamin
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
PAS_U01	Potrafi badać zbieżność martyngałów.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U19	Kolokwium/ Egzamin
PAS_U02	Potrafi zastosować wzór Itô.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U19	Kolokwium/ Egzamin
PAS_U03	Potrafi korzystać z twierdzeń o istnieniu i jednoznaczności rozwiązań stochastycznych równań różniczkowych.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U19	Kolokwium/ Egzamin
PAS_U04	Potrafi rozwiązywać niektóre równania stochastyczne.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U19	Kolokwium/ Egzamin

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
PAS_K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie.	MAD2PRiMO_K02	

Statystyczne modele grafowe		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Wykład:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podstawowe pojęcia z teorii grafów.</li> <li>2. Warunkowa wartość oczekiwana, warunkowe rozkłady, warunkowa niezależność.</li> <li>3. Własności Markowskie na grafach nieskierowanych.</li> <li>4. Własności Markowskie na skierowanych grafach acyklicznych.</li> <li>5. Grafy dekomponowalne i ich charakteryzacje, algorytmy weryfikujące dekomponowalność grafu.</li> <li>6. Dyskretne modele grafowe, estymatory największej wiarygodności w hierarchicznych modelach log-liniowych, algorytm Iterative Proportional Scaling.</li> <li>7. Gaussowskie modele grafowe, estymator największej wiarygodności macierzy kowariancji, algorytm Iterative Proportional Scaling.</li> <li>8. Nauka grafu – podejście częstościowe, algorytm G-LASSO.</li> <li>9. Nauka grafu – podejście Bayesowskie.</li> </ol> <p>Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Przegląd pakietów R do reprezentacji danych grafowych. Dekomponowalność grafu.</li> <li>2. Hierarchiczne modele log-liniowe: estymacja, wiarygodność, dopasowanie modelu, testowanie hipotez, selekcja modelu.</li> <li>3. Gaussowskie modele grafowe: estymacja, wiarygodność, dopasowanie modelu, testowanie hipotez, selekcja modelu.</li> <li>4. Nauka grafu – podejście częstościowe, algorytm G-LASSO.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Ma ogólną wiedzę z własności Markowa na grafach nieskierowanych i skierowanych grafach acyklicznych.	MAD2PRiMO_W10	Kolokwia, egzamin.
W02	Rozumie i zna charakteryzacje dekomponowalności grafu.	MAD2PRiMO_W10	Kolokwia, egzamin.
W03	Zna zastosowania modeli grafowych do modelowania macierzy kowariancji w modelach gaussowskich.	MAD2PRiMO_W10 MAD2_W01	Prace domowe.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Potrafi zweryfikować dekomponowalność grafu.	MAD2PRiMO_U12	Kolokwia, prace domowe, egzamin.



Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
U02	Potrafi znaleźć estymator największej wiarygodności w modelu grafowym o dekomponowalnym grafie.	MAD2PRiMO_U12 MAD2PRiMO_U21	Kolokwia, prace domowe.
U03	Potrafi korzystać z pakietów R do reprezentacji danych grafowych.	MAD2PRiMO_U22	Kolokwia.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Absolwent rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związane z tym odpowiedzialności.	MAD2_K01	Kolokwia, prace domowe, egzamin.

Wybrane zagadnienia probabilistyki		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	5	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nierówności probabilistyczne: nierówności symetryzacyjne, nierówności dla maksimów sum, nierówność Chinczyna, nierówność Marcinkiewicza-Zygmunda, nierówność Rosenthala.</li> <li>2. Zbieżność „niedokładna” (ang. vague), zasada wyboru Helly’ego, jędrność, twierdzenie Prochorowa, zbieżność według rozkładu, a zbieżność momentów, twierdzenie reprezentacyjne Skorochoda.</li> <li>3. Rozkłady stabilne: własności, funkcja charakterystyczna, specjalne przypadki, twierdzenie graniczne typu ctg, obszary przyciągania.</li> <li>4. Rozkłady nieskończenie podzielne: własności funkcji charakterystycznych, przedstawienie Levy-Chinczyna i Kołmogorowa; ogólne ctg ze zbieżnością do rozkładów nieskończenie podzielnych.</li> <li>5. Prawo iterowanego logarytmu, Twierdzenie Kołmogorowa, Twierdzenie Hartmana-Wintnera, LIL dla podciągów, zastosowania.</li> <li>6. Prawa wielkich liczb: Marcinkiewicza-Zygmunda, Etemadiego, dla tablic trójkątnych.</li> <li>7. Elementy teorii wielkich odchyłeń: twierdzenie Cramera, twierdzenie Sanowa, teoria Donskera-Varadhana.</li> <li>8. Rozkłady ekstremalne, twierdzenie Gniedenki o trzech typach, obszary przyciągania.</li> <li>9. Metoda Steina-Chena, metryka całkowitej wariacji, asymptotyka poissonowska, problem urodzin.</li> <li>10. Ciągi stacjonarne, m-zależność, mieszanie, ctg dla sum zmiennych stacjonarnych, elementy teorii ergodycznej: twierdzenie Birkhoffa, zdarzenia rekurencyjne, entropia.</li> <li>11. Słaba zbieżność miar w <math>C[0,1]</math>, warunki zwartości w <math>C[0,1]</math>, twierdzenie Donskera, zasada niezmienniczości i jej zastosowania, superemum ruchu Browna, prawo arcusa-sinusa.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
W01	Student zna zaawansowane nierówności probabilistyczne, rozkłady stabilne oraz rozkłady ekstremalne i ich własności.	MAD2PRiMO_ W13 MAD2PRiMO_ W12	Aktywność na zajęciach, kolokwium zaliczeniowe.
W02	Student zna zaawansowane twierdzenia asymptotyczne typu praw wielkich liczb, ogólnych twierdzeń granicznych, prawa iterowanego logarytmu i zasadę wielkich odchyłeń.	MAD2PRiMO_ W13 MAD2PRiMO_ W12	Aktywność na zajęciach, kolokwium zaliczeniowe.
W03	Student zna zaawansowane narzędzia nowoczesnej probabilistyki takie jak metoda Chena-Steina, jędrność i twierdzenie Prochorowa, zasada wyboru Helly'ego, metryka całkowitej wariacji.	MAD2PRiMO_ W13 MAD2PRiMO_ W12	Aktywność na zajęciach, kolokwium zaliczeniowe.
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
U01	Student potrafi stosować nierówności probabilistyczne oraz rozwiązywać problemy dotyczące rozkładów stabilnych oraz ekstremalnych.	MAD2PRiMO_ U21	Zadania rozwiązywane na tablicy podczas ćwiczeń.
U02	Student potrafi stosować zaawansowane twierdzenia graniczne od praw wielkich liczb, przez niestandardowe twierdzenia typu ctg, prawa iterowanego logarytmu, do zagadnień wielkich odchyłeń.	MAD2PRiMO_ U21	Zadania rozwiązywane na tablicy podczas ćwiczeń.
U03	Student potrafi badać zbieżność wykorzystując poznane nowoczesne narzędzia, w tym zbieżność procesów stochastycznych w przestrzeni $C[0,1]$ .	MAD2PRiMO_ U21	Zadania rozwiązywane na tablicy podczas ćwiczeń.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Rozumie rolę matematyka w budowaniu modeli probabilistycznych na potrzeby innych gałęzi nauki.	MAD2PRiMO_ K03	

<b>Matematyka finansowa</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	45
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	15
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Wykład:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Zasady działania rynków finansowych instrumentów pochodnych – podstawowe pojęcia (opcje, kontrakty terminowe).</li> <li>Pojęcie strategii samofinansującej, arbitrażu, replikacji i ceny.</li> <li>Miara martyngałowa i metoda martyngałowa wyceny. Podstawowe twierdzenia matematyki finansowej.</li> <li>Model Blacka-Scholesa m.in. wycena opcji europejskich, amerykańskich i niektórych egzotycznych.</li> <li>Podstawowe metody modelowania stóp procentowych. Modele krótkoterminowej stopy procentowej, modele afiniczne.</li> <li>Model Heatha, Jarrova i Mortona (HJM) terminowej stopy procentowej. Dynamika terminowej stopy procentowej i brak arbitrażu.</li> <li>Metoda miary forward wyceny instrumentów pochodnych. Wycena opcji europejskich w gaussowskim modelu HJM.</li> </ol>	

	<p>8. Ceny i opcje futures.</p> <p>9. Pochodne stóp procentowych, kontrakt wymiany stóp procentowych (interest rate swaps). Kontrakty opcyjne typu cap i floor, opcje związane z transakcjami wymiany stóp procentowych (swaptions).</p> <p>10. Modele rynkowe referencyjnych stóp procentowych.</p> <p>Ćwiczenia:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Badanie braku arbitrażu w różnych modelach rynków.</li> <li>2. Wycena opcji za pomocą miary martyngałowej w modelach o stałej stopie procentowej.</li> <li>3. Wycena obligacji i opcji na obligacje w modelach stochastycznych stóp procentowych.</li> <li>4. Przykłady wyceny opcji za pomocą miary forward.</li> <li>5. Wycena kontraktów cap, floor, swaptions.</li> </ol> <p>Laboratorium:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Implementacja metod wyceny opartych na metodach Monte Carlo I Quasi Monte Carlo.</li> <li>2. Metody redukcji wariancji w wycenie opcji.</li> <li>3. Wycena za pomocą numerycznego rozwiązywania równań różniczkowych cząstkowych.</li> </ol>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
MF_W01	Rozumie pojęcia braku arbitrażu, strategii samofinansującej, replikacji kontraktów finansowych i ceny arbitrażowej.	MAD2PRiMO_W02	Egzamin.
MF_W02	Rozumie pojęcie miary martyngałowej oraz jej związek z brakiem arbitrażu.	MAD2PRiMO_W02	Egzamin.
MF_W03	Zna model Blacka Scholes'a akcji i rynków terminowych.	MAD2PRiMO_W02	Egzamin, Kolokwium.
MF_W04	Rozumie i zna metody symulacyjne wyznaczania cen wypłat oraz pochodnych cząstkowych cen względem parametrów modelu.	MAD2PRiMO_W07	Laboratorium.
MF_W05	Zna podstawowe modele krótkoterminowej stopy procentowej.	MAD2PRiMO_W03	Egzamin.
MF_W06	Rozumie i zna modele Heatha, Jarrova i Mortona (HJM).	MAD2PRiMO_W03	Egzamin, Kolokwium.
MF_W07	Zna i rozumie pojęcie miary terminowej (forward measure).	MAD2PRiMO_W03	Egzamin.
MF_W08	Zna różne kontrakty na rynkach dłużnych np. swap, cap, floor, swapcja.	MAD2PRiMO_W03	Egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
MF_U01	Potrafi wyceniać wypłaty w modelu Blacka-Scholes'a i wyznaczać strategie replikujące w pewnych szczególnych przypadkach.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U07 MAD2PRiMO_U20	Egzamin, Kolokwium.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
MF_U02	Potrafi samodzielnie implementować algorytmy symulacyjne do wyceny wypłat europejskich i egzotycznych z redukcjami wariacji.	MAD2PRiMO_U05 MAD2PRiMO_U10	Laboratorium.
MF_U03	Potrafi implementować algorytmy numerycznego rozwiązywania równań cząstkowych dla opcji europejskich i amerykańskich	MAD2PRiMO_U05 MAD2PRiMO_U09	Laboratorium.
MF_U04	Potrafi wyznaczać cenę obligacji i jej dynamikę w modelach afinicznych krótkoterminowej stopy procentowej.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U08 MAD2PRiMO_U20	Egzamin, Kolokwium.
MF_U05	Potrafi wyceniać wypłaty w gaussowskim modelu HJM.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U08	Egzamin, Kolokwium.
MF_U06	Potrafi zastosować miarę terminową do wyceny kontraktów w modelach losowej stopy procentowej.	MAD2PRiMO_U06 MAD2PRiMO_U09	Egzamin, Kolokwium.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
MF_K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie.	MAD2PRiMO_K02	

<b>Sieci i grafy losowe</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	15
	Laboratorium	15
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	1. Podstawowe pojęcia z teorii sieci. 2. Metody reprezentacji sieci. 3. Miary i metryki w sieciach. 4. Wprowadzenie do teorii grafów losowych. Procesy gałązkowe. 5. Model Erdosa-Renyi. 6. Model konfiguracyjny grafu losowego. 7. Model z preferencyjnym dołączaniem.	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Ma ogólną wiedzę o sieciach złożonych.	MAD2PRiMO_W09	Egzamin, Kolokwium.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
W02	Zna pojęcie grafu losowego.	MAD2PRiMO_W09	Egzamin, Kolokwium.
W03	Zna podstawowe modele sieci złożonych.	MAD2PRiMO_W09 MAD2_W01	Egzamin, Kolokwium.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Potrafi korzystać z pakietów R do reprezentacji i badania sieci.	MAD2PRiMO_U13 MAD2PRiMO_U14 MAD2PRiMO_U22	Laboratorium.
U02	Umie wykorzystywać metody probabilistyczne do badania sieci.	MAD2PRiMO_U21	Egzamin, Kolokwium.
U03	Rozumie ewolucje grafu losowego.	MAD2PRiMO_U21	Egzamin, Kolokwium.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Absolwent rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związane z tym odpowiedzialności.	MAD2_K01	Egzamin.

<b>Wysokowymiarowa probabilistyka</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	15
	Laboratorium	0
	Projekt	15
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Wykład:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Przypomnienie podstawowych nierówności probabilistycznych.</li> <li>Nierówności koncentracyjne dla sum niezależnych zmiennych losowych, nierówności Hoefdinga i Chernoffa.</li> <li>Rozkłady pod-Gaussowskie i pod-wykładnicze.</li> <li>Koncentracja dla norm wektorów losowych.</li> <li>Macierze losowe i estymacja macierzy kowariancji.</li> <li>Koncentracja bez niezależności i estymacja macierzy kowariancji dla ogólnych rozkładów.</li> <li>Chaining i jednostajne prawa wielkich liczb.</li> <li>Empiryczny rozkład wartości własnych i jego asymptotyka, tw. Wignera i Marchenki-Pastura.</li> <li>Zastosowania tw. Wignera i Marchenki-Pastura.</li> <li>Metody wysoko wymiarowej probabilistyki w problemie odzyskiwania sygnału.</li> </ol> <p>Ćwiczenia: W trakcie ćwiczeń rozwiązywane będą problemy związane z treściami prezentowanymi w trakcie wykładów.</p>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Zna nierówności probabilistyczne oraz rozumie pojęcie koncentracji miary.	MAD2PRiMO_W12 MAD2PRiMO_W13	Kolokwium pisemne, ocena aktywności podczas zajęć.
W02	Zna definicje i podstawowe własności wektorów pod-Gaussowskich i pod-wykładniczych.	MAD2PRiMO_W12	Kolokwium pisemne, ocena aktywności podczas zajęć.
W3	Zna podstawowe modele macierzy losowych oraz zna ich asymptotyczne rozkłady empiryczne wartości własnych.	MAD2PRiMO_W12	
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Student umie stosować metody wysokowymiarowej probabilistyki.	MAD2PRiMO_U15	Kolokwium pisemne, ocena aktywności podczas zajęć.
U02	Student potrafi stosować twierdzenia dotyczące asymptotyki rozkładów wartości własnych macierzy losowych.	MAD2PRiMO_U15	Kolokwium pisemne, ocena aktywności podczas zajęć.
U3	Student umie stosować Twierdzenia dotyczące własności wektorów pod-Gaussowskich.	MAD2PRiMO_U12 MAD2PRiMO_U15	Kolokwium pisemne, ocena aktywności podczas zajęć.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie.	MAD2PRiMO_K	K01

<b>Warsztaty badawcze</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	15
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	0
	Projekt	60
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Na zajęcia składa się sześć interdyscyplinarnych warsztatów (po trzy w semestrze), prowadzonych przez praktyków, w ramach których realizowane są projekty badawcze dotyczące analizy danych pochodzących z różnych obszarów (badań klinicznych, biometrii, procesów technologicznych, biznesu itd.).</p> <p>Każdy cykl obejmuje:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wprowadzenie do problemu.</li> <li>2. Realizację projektów.</li> <li>3. Przedstawienie wyników i dyskusję raportów.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Zna zaawansowane metody modelowania probabilistycznego i analizy równego typu danych.	MAD2PRiMO_W01-15	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.
W02	Ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań związanych z działalnością badawczą w zakresie statystyki i analizy danych.	MAD2_W01-03	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Potrafi dobrać metodę analizy danych, właściwą dla danego problemu, przeprowadzić wnioskowanie statystyczne oraz przygotować opracowanie wyników i raport zawierający wnioski z badania.	MAD2PRiMO_U01-22	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.
U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Potrafi współdziałać w zespole pracującym nad projektem.	MAD2PRiMO_K01, MAD2_K01	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.
K02	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2PRiMO_K02	Realizacja projektu praktycznego w grupie dyskusja raportu.

<b>Seminarium 1, Seminarium 2, Seminarium dyplomowe</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	0
	Ćwiczenia	30+30+30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	2+2+2	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Samodzielna praca nad tekstem. Przygotowywanie prezentacji. Wygłaszanie referatów.	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań związanych z działalnością badawczą w zakresie probabilistyki i analizy danych.	MAD2_W01-03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.
W02	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
U01	Potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu po polsku lub w języku obcym, zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników	MAD2_U01 MAD2PRiMO_U17 MAD2PRiMO_U18	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.
U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2PRiMO_K02	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.
K02	Jest gotów do przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu i aktywność w seminarium.

<b>Praca dyplomowa</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	0
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	20	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Student wykonujący dyplomową pracę magisterską ma wykazać się pogłębioną znajomością podstawowej wiedzy teoretycznej w obszarze matematyki i analizy danych oraz umiejętnością rozwiązywania problemów wymagających stosowania	



	nowoczesnych metod z zakresu analiz teoretycznych, badawczych, obliczeniowych i eksperymentalnych.
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
PD_W01	Absolwent pogłębił wiedzę z matematyki i analizy danych oraz kierunków pokrewnych w zakresie tematyki przygotowywanej pracy dyplomowej.	MAD2_W01 MAD2_W02 MAD2_W03	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
PD_W02	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
PD_U01	Absolwent potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu, zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników.	MAD2_U01	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
PD_U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
PD_K01	Absolwent potrafi myśleć w sposób kreatywny i twórczy. Posiada zdolność do kontynuacji kształcenia oraz świadomość potrzeby samokształcenia w ramach procesu kształcenia ustawicznego (studia III stopnia, studia podyplomowe, kursy i egzaminy przeprowadzane przez uczelnie, firmy i organizacje zawodowe).	MAD2_K01	Obserwacja pracy przez promotora, dyskusja.
PD_K02	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.

### Specjalność Statystyka matematyczna i analiza danych

W planie studiów są

- przedmioty obowiązkowe, z których student uzyskuje 88 ECTS, w tym Seminarium: Wybrane zagadnienia statystyki 1 – 3 w sumie za 6 ECTS, seminarium dyplomowe za 2 ECTS oraz praca dyplomowa za 20 ECTS, które podlegają wyborowi przez studenta
- przedmioty obieralne, z których student może uzyskać minimum 27 ECTS. W ramach następujących przedmiotów obieralnych student musi zrealizować minimum ECTS i godz. zajęć:
  - przedmiot obieralny I: 5 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny II: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny III: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny IV: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny V: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny VI: 4 ECTS, 60 godzin
  - przedmiot obieralny VII: 2 ECTS, 30 godzin
- 5 ECTS za przedmioty humanistyczne
- 3 ECTS za praktyki studenckie.

#### Przedmioty obowiązkowe:

Analiza wielowymiarowa  
Statystyka nieparametryczna  
Zaawansowane metody Monte-Carlo  
Biostatystyka  
Szeregi czasowe  
Zaawansowane metody uczenia maszynowego  
Metody bayesowskie  
Uogólnione modele liniowe  
Warsztaty badawcze 1  
Warsztaty badawcze 2

Seminarium: Wybrane zagadnienia statystyki 1  
Seminarium: Wybrane zagadnienia statystyki 2  
Seminarium: Wybrane zagadnienia statystyki 3  
Seminarium dyplomowe  
Praca dyplomowa

Analiza wielowymiarowa		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Wykład: 1. Wektory losowe, ich rozkłady i parametry. Wielowymiarowy rozkład normalny, przekształcenia liniowe wektorów normalnych, korelacja cząstkowa i wielokrotna. 2. Rozkład empirycznej średniej i macierzy kowariancji dla próby z wielowymiarowego rozkładu normalnego. 3. Estymacja punktowa w przypadku wielowymiarowym: dostateczność i zupełność, estymatory i kryteria oceny ich jakości: nieobciążoność, efektywność, zgodność, asymptotyczna normalność. 4. Metody estymacji w przypadku wielowymiarowym: estymatory największej wiarygodności i ich własności graniczne (zgodność, asymptotyczna normalność i asymptotyczna efektywność). 5. Metody estymacji w przypadku wielowymiarowym: estymacja metodą najmniejszych kwadratów, równania normalne, twierdzenie Gaussa –Markowa. 6. Teoria decyzji statystycznych w przypadku wielowymiarowym: twierdzenie Steina o niedopuszczalności średniej dla dużych wymiarów, estymatory bayesowskie. 7. Rozkłady form kwadratowych, twierdzenie Cochran, ogólny test liniowy.	

	<p>8. Rozkład Wisharta: postać gęstości i funkcji charakterystycznej rozkładu Wisharta, własności, niecentralny rozkład Wisharta, odwrotny rozkład Wisharta.</p> <p>9. Rozkład wielokrotnego współczynnika korelacji dla próby z rozkładu normalnego. Testowanie hipotez o wielokrotnym współczynniku korelacji.</p> <p>10. Rozkład Hotellinga. Testowanie hipotez o wielowymiarowej średniej dla prób z rozkładu normalnego.</p> <p>11. Obszar ufności dla średniej i rzutu średniej na dowolny kierunek. Test równości dwóch średnich.</p> <p>12. Testowanie hipotez dla macierzy kowariancji: test równości z daną macierzą, test sferyczności, test równości dwóch macierzy kowariancji.</p> <p>13. Testowanie niezależności i analiza korelacji kanonicznej: testowanie niezależności wektorów normalnych, analiza korelacji kanonicznej, interpretacja zmiennych kanonicznych i ich własności, testowanie hipotez o współczynnikach korelacji kanonicznej.</p> <p>14. Analiza składowych głównych: składowe główne w populacji i składowe główne z próby, rozkład łączny wartości własnych macierzy kowariancji z próby, testowanie hipotez o składowych głównych.</p> <p>Ćwiczenia: W trakcie ćwiczeń rozwiązywane będą zadania związane z treściami prezentowanymi w trakcie wykładów</p>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
AWW_W01	Student zna własności wielowymiarowego rozkładu normalnego i statystyk z wielowymiarowych prób gaussowskich; zna metody wyznaczania i badania własności estymatorów w przypadku wielowymiarowym.	MAD2SMAD_W01	Odpowiedź ustna przy tablicy, Kolokwium, Egzamin.
AWW_W02	Student zna rozkłady i własności form kwadratowych w modelu normalnym, w tym twierdzenie Cochraha; zna metody weryfikacji ogólnej hipotezy liniowej.	MAD2SMAD_W01	Odpowiedź ustna przy tablicy, Kolokwium, Egzamin.
AWW_W03	Student zna rozkład Wisharta i rozkład Hotellinga oraz własności tych rozkładów; zna metody testowania hipotez o wielowymiarowej średniej i macierzy kowariancji w modelu normalnym. Zna podstawy teoretyczne analizy korelacji kanonicznej oraz analizy składowych głównych.	MAD2SMAD_W01	Odpowiedź ustna przy tablicy, Kolokwium, Egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
AWW_U01	Student umie badać własności wielowymiarowego rozkładu normalnego i statystyk z wielowymiarowych prób gaussowskich; potrafi wyznaczać estymatory w przypadku wielowymiarowym oraz ocenić ich jakość.	MAD2SMAD_U01	Odpowiedź ustna przy tablicy, Kolokwium, Egzamin.
AWW_U02	Student umie stosować ogólny test liniowy, weryfikować hipotezy o wielowymiarowej średniej i macierzy kowariancji w modelu normalnym.	MAD2SMAD_U01	Odpowiedź ustna przy tablicy, Kolokwium, Egzamin.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
AWW_K01	Student rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie, potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.	MAD_K01	Kolokwium, Egzamin.

Statystyka nieparametryczna		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>1. Wprowadzenie do statystyki nieparametrycznej.</p> <p>2. Podstawowe testy nieparametryczne.</p> <p>a) Test znaków i test rangowanych znaków w modelu jednopróbkowym i do porównywania próbek parami zależnych.</p> <p>b) Przedziały ufności dla kwantyli.</p> <p>c) Testy rangowe, testy serii i testy permutacyjne do porównywania rozkładów dwóch populacji (testy położenia i testy rozproszenia, ogólny problem zgodności dwóch rozkładów).</p> <p>d) Testy do porównywania rozkładów więcej niż dwóch populacji (test Kruskala-Wallisa, testy dla alternatyw uporządkowanych, test Friedmana).</p> <p>e) Testowanie losowości.</p> <p>3. Badanie zależności między cechami.</p> <p>a) Badanie zależności między dwiema cechami (m.in. współczynnik korelacji Kendalla, Spearmana, współczynnik gamma Goodmana-Kruskalla). Testowanie hipotez o niezależności cech.</p> <p>b) Badanie zgodności więcej niż dwóch cech.</p> <p>4. Analiza danych jakościowych</p> <p>a) Testowanie zgodności i jednorodności.</p> <p>b) Badanie zależności cech jakościowych.</p> <p>5. Estymacja nieparametryczna.</p> <p>a) Nieparametryczna estymacja gęstości.</p> <p>b) Regresja nieparametryczna .</p> <p>c) Metody wygładzania.</p>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
SNP_W01	Zna różne testy nieparametryczne, w tym testy zgodności, oraz metody konstrukcji testów nieparametrycznych (wykorzystujące m.in. rangi i serie).	MAD2SMAD_W02	Kolokwia i egzamin.
SNP_W02	Zna różne sposoby badania niezależności oraz narzędzia do oceny stopnia zależności między cechami.	MAD2SMAD_W02	Kolokwia i egzamin.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
SNP_W03	Zna nieparametryczne metody estymacji gęstości i regresji.	MAD2SMAD_W03	Kolokwia i egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
SNP_U01	Potrafi dobrać test nieparametryczny właściwy do badanego zagadnienia i zastosować ów test w praktyce.	MAD2SMAD_U02	Kolokwia i egzamin.
SNP_U02	Potrafi testować niezależność cech oraz obliczać stopień ewentualnej zależności cech.	MAD2SMAD_U02	Kolokwia i egzamin.
SNP_U03	Potrafi stosować metody jądrowe w estymacji gęstości oraz krzywej regresji.	MAD2SMAD_U03	Kolokwia i egzamin.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
SNP_K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2_K01	Kolokwia i egzamin.

<b>Zaawansowane metody Monte-Carlo</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:		
Aktualizacja		2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
ZMMC_W01	Absolwent zna metody generowania rozkładów prawdopodobieństwa, w tym wielowymiarowych, zna metodę symulowanego wyzarzania i algorytmy EM i MCEM.	MAD2SMAD_W04	Kolokwium, projekt, egzamin.
ZMMC_W02	Absolwent zna metody metodę bootstrap i jej warianty.	MAD2SMAD_W04	Kolokwium, projekt, egzamin.
ZMMC_W03	Absolwent zna podstawowe metody Markov Chain Monte Carlo (algorytm Metropolisa-Hastingsa i próbnik Gibbsa), zna warunki zbieżności tych algorytmów.	MAD2SMAD_W05	Kolokwium, projekt, egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
ZMMC_U01	Absolwent umie wygenerować próby pseudolosowe metodą odwracania dystrybuanty, eliminacji, ilorazu równomiernego i innych.	MAD2SMAD_U04	Kolokwium, projekt, egzamin
ZMMC_U02	Absolwent umie wygenerować próby dla metody bootstrap, wygładzonego bootstrapu, jackknife i zastosować je do oceny zmienności estymatora.	MAD2SMAD_U04	Kolokwium, projekt, egzamin.
ZMMC_U03	Absolwent umie skonstruować algorytm Metropolisa-Hastingsa dla zadanego rozkładu oraz zdiagnozować jego zbieżność.	MAD2SMAD_U05	Kolokwium, projekt, egzamin.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
ZMMC_K01	Absolwent rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związane z tym odpowiedzialności.	MAD_K01	Kolokwium, projekt, egzamin.

<b>Biostatystyka</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p><b>Wykład:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podstawy analizy przeżycia.</li> <li>2. Model proporcjonalnych hazardów.</li> <li>3. Modele parametryczne.</li> <li>4. Analiza danych wielowymiarowych i skorelowanych: modele brzegowe, modele oparte na kopułach, model z efektami losowymi.</li> <li>5. Analiza konkurencyjnych ryzyk.</li> </ol> <p><b>Laboratorium:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prezentacja pakietów oraz funkcji w programie R, niezbędnych do analizy danych cenzurowanych.</li> <li>2. Analiza danych przy użyciu programu R.</li> <li>3. Analiza zbiorów danych z zastosowaniem metod/modeli poznanych na wykładzie.</li> <li>4. Prezentacja i omówienie projektów.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
BIO_W01	Absolwent zna pojęcia funkcji przeżycia, funkcji hazardu i mechanizmu cenzorowania. Wie, czym jest tablica przeżycia i zna podstawowe wskaźniki demograficzne. Zna estymator Kaplana-Meiera oraz podstawowe testy równości dwóch krzywych przeżycia. Zna model proporcjonalnych hazardów, modele analizy przeżyć z efektami losowymi oraz modele wielostanowe.	MAD2SMAD_W06	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.
BIO_W02	Ma ogólną wiedzę o aktualnych kierunkach rozwoju i najnowszych odkryciach w zakresie matematyki.	MAD_W03	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
BIO_U01	Absolwent potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i samokształcenia.	MAD_U02	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
BIO_U02	Potrafi pracować i współdziałać w zespole.	MAD_U03	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.
BIO_U03	Umie wyznaczyć estymator Kaplana-Meiera i skumulowa-nego hazardu oraz ocenić jego dokładność. Umie wyznaczyć przedziały ufności dla prawdopodobieństwa dożycia oraz zinterpretować wyniki odpowiednich testów.	MAD2SMAD_U06	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.
BIO_U04	Umie wyznaczyć podstawowe estymatory parametryczne funkcji przeżycia, skonstruować tablicę przeżycia. Umie dopasować do danych i zinterpretować modele analizy przeżyć z efektami losowymi bądź bez.	MAD2SMAD_U07	Raporty i prezentacje projektów, egzamin.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
BIO_K01	Absolwent umie negocjować i dochodzić do kompromisu w kwestiach związanych z realizacją i prowadzeniem projektu.	MAD2_K02	Prezentacje projektów grupowych.
BIO_K02	Rozumie społeczne aspekty praktycznego stosowania zdobytej wiedzy i umiejętności oraz związane z tym odpowiedzialności.	MAD2_K01	Prezentacje projektów.

<b>Szeregi czasowe</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	15
	Laboratorium	15
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<p>Wykład:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problem prognozy liniowej, metoda Yule'a- Walkera, algorytm Durbin-Levinsona.</li> <li>2. Procesy ARMA(p,q), kausalność i odwracalność procesu.</li> <li>3. Twierdzenie Wolda, prognoza dla procesów ARMA(p,q).</li> <li>4. Estymacja średniej i funkcji kowariancji, twierdzenie Bartletta.</li> <li>5. Testy dla białego szumu, portmanteau i Ljung-Boxa .</li> <li>6. Estymacja dla procesów ARMA(p,q): estymatory Yule'a-Walkera, Hannana-Rissanena i największej wiarygodności</li> <li>7. Selekcja modelu ARMA(p,q), BIC, AIC, pasy ufności, charakteryzacje procesów AR(p) i MA(q).</li> <li>8. Dystrybuanta i gęstość spektralna, twierdzenie Herglotza.</li> <li>9. Twierdzenie o filtrach, konstrukcje filtrów dolnoprzepustowych.</li> <li>10. Estymacja gęstości spektralnej: periodogram i periodogram temperowany.</li> <li>11. Modele procesów niestacjonarnych, procesy SARIMA, metoda Holta-Wintersa.</li> <li>12. Problem pierwiastka jednostkowego, regresja z błędami zależnymi.</li> <li>13. Zastosowania w analizie sygnałów.</li> <li>14. Zwroty indeksów finansowych, procesy ARCH i GARCH.</li> <li>15. Podstawowe charakterystyki wielowymiarowych szeregów czasowych. Kointegracja.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
SCZ_W01	Zna pojęcia stacjonarnego szeregu czasowego w szerszym sensie, funkcji korelacji i korelacji częściowej; procesów ARMA, ARIMA, SARIMA i, procesu liniowego oraz procesów warunkowo heteroskedastycznych.	MAD2SMAD_W07	Egzamin i kolokwium.
SCZ_W02	Zna postawienie problem prognozy liniowej, jego rozwiązanie oraz algorytmy je znajdujące. Wie, co to jest dystrybuanta i gęstość spektralna oraz zna związki między funkcją autokowariancji a gęstością spektralną.	MAD2SMAD_W07	Egzamin i kolokwium.
SCZ_W03	Zna podstawowe metody estymacji parametrów procesów ARMA oraz ich własności asymptotyczne. Zna konstrukcję periodogramu.	MAD2SMAD_W07 MAD2SMAD_W08	Egzamin i kolokwium.
SCZ_W04	Zna podstawowe testy białego szumu i ich zastosowanie w diagnostyce dopasowania modelu szeregu czasowego.	MAD2SMAD_W07 MAD2SMAD_W08	Egzamin i kolokwium.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
SCZ_U01	Umie dopasować i przeprowadzić diagnostykę dopasowania podstawowych klas szeregów czasowych (ARMA, ARIMA, multiplikatywny SARIMA).	MAD2SMAD_U08	Kolokwium.
SCZ_U02	Umie skonstruować periodogram i periodogram temperowany, potrafi obliczyć gęstość spektralną procesu, w tym procesu po filtracji.	MAD2SMAD_U09	Kolokwium.
SCZ_U03	Umie obliczyć funkcje kowariancji i korelacji częściowej oraz obliczyć błąd predykcji.	MAD2SMAD_U08	Kolokwium.
SCZ_U04	Umie przeprowadzić test białego szumu oparty na periodogramie.	MAD2SMAD_U09	Kolokwium.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
SCZ_K01	Potrafi współdziałać i pracować w zespole przyjmując w nim różne role i rozumie konsekwencje społeczne wnioskowania statystycznego.	MAD2_K01	

<b>Zaawansowane metody uczenia maszynowego</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Wykład: 1. Model logistyczny: interpretacja modelu, własności modelu, testowanie i diagnostyka modelu, metody estymacji parametrów, w szczególności metody regularyzacji, metody selekcji zmiennych. 2. Metody oceny klasyfikatorów. 3. Metody oparte na drzewach klasyfikacyjnych i regresyjnych: pojedyncze drzewa, komitety klasyfikatorów (bagging, lasy losowe, metoda losowych podprzestrzeni RSM, extremely randomized trees). 4. Zastosowanie metod opartych na drzewach w innych problemach uczenia maszynowego: analiza przeżycia, klasyfikacja wieloetykieta.	



	<p>5. Metody typu boosting (algorytmy adaboost, gradient boosting, xgboost, Light GBM).</p> <p>6. Metody selekcji zmiennych dla danych wysokowymiarowych: metody oparte o pojęcia teorii informacji (kryteria CMI, CIFE, JMI), metody oparte o komitety klasyfikatorów (metody MCFS, Boruta, miary permutacyjne), metody regularyzacji (SCAD/MCP, grupowe lasso); metody wykrywania interakcji między zmiennymi.</p> <p>7. Metody jądrowe w klasyfikacji i regresji.</p> <p>8. Schemat minimalizacji ryzyka empirycznego, funkcji straty, nadwyżka ryzyka, błąd generalizacji i metody jego szacowania, złożoność Rademachera; metody optymalizacji oparte na gradiencie (algorytmy GD, SGD, ADAM, AdaGrad).</p> <p>9. Metody regresji nieliniowej i nieparametrycznej: metoda jądrowa, metoda lokalnie wielomianowa, metoda funkcji sklepanych (smoothing splines), model addytywny, metoda MARS.</p> <p>10. Klasyfikacja wieloetykiotowa: metoda BR, metoda CC, metoda zbioru potęgowego, model Isigna, miary oceny modeli.</p> <p>11. Metody uczenia wielozadaniowego (multi-task learning).</p> <p>12. Zaawansowane metody ekstrakcji zmiennych: kernel PCA, sparse PCA.</p> <p>13. Zaawansowane algorytmy analizy skupień (metody spektralne, metoda DBSCAN, model mieszaniny rozkładów); algorytm EM.</p> <p>14. Metody uczenia przy niepełnej obserwowalności zmiennej celu: schemat uczenia pod częściowym nadzorem (semi-supervised learning), schemat uczenia dla danych pozytywnych i bez etykiet (positive unlabelled learning).</p> <p>15. Metoda skalowania wielowymiarowego, nieliniowe metody skalowania wielowymiarowego.</p> <p>16. Analiza składowych niezależnych (Independent component analysis).</p> <p>17. Modele generatywne (Generative adversarial network).</p> <p>Laboratorium: Praktyczne zastosowania ww. metod w analizie danych rzeczywistych (programy: R/Python).</p>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
ZMUM_W0_1	Zna metody łączenia modeli regresji i klasyfikacji oparte na algorytmach drzew.	MAD2SMAD_W10	Egzamin i projekt.
ZMUM_W0_2	Zna zaawansowane modelowe i bezmodelowe metody selekcji zmiennych wykorzystywane w problemach uczenia pod nadzorem dla danych o dużym wymiarze.	MAD2SMAD_W10	Egzamin i projekt.
ZMUM_W0_3	Zna metody klasyfikacji stosowane w przypadku wielowymiarowej zmiennej odpowiedzi.	MAD2SMAD_W10	Egzamin i projekt.
ZMUM_W0_4	Zna metody klasyfikacji stosowane w przypadku niepełnej obserwowalności zmiennej celu w problemie klasyfikacji.	MAD2SMAD_W10	Egzamin i projekt.
ZMUM_W0_5	Zna zaawansowane metody analizy skupień dla danych o wysokim wymiarze.	MAD2SMAD_W11	Egzamin i projekt.
ZMUM_W0_6	Zna metody ekstrakcji nowych zmiennych i sposoby ich wykorzystania w problemach uczenia pod nadzorem.	MAD2SMAD_W09	Egzamin i projekt.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
ZMUM_U0_1	Umie skonstruować modele oparte na komitetach drzew klasyfikacyjnych i regresyjnych.	MAD2SMAD_U10	Egzamin i projekt.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
ZMUM_U02	Umie stosować zaawansowane modelowe i bez-modelowe metody selekcji zmiennych wykorzystywane w problemach uczenia pod nadzorem dla danych o dużym wymiarze.	MAD2SMAD_U10	Egzamin i projekt.
ZMUM_U03	Umie skonstruować modele klasyfikacji w przypadku wielowymiarowej zmiennej odpowiedzi.	MAD2SMAD_U10	Egzamin i projekt.
ZMUM_U04	Umie skonstruować odpowiednie modele klasyfikacji w przypadku niepełnej obserwowalności zmiennej celu.	MAD2SMAD_U10	Egzamin i projekt.
ZMUM_U05	Umie stosować metody analizy skupień dla danych o wysokim wymiarze.	MAD2SMAD_U12	Egzamin i projekt.
ZMUM_U06	Umie stosować metody ekstrakcji zmiennych i wykorzystywać je w problemach uczenia pod nadzorem.	MAD2SMAD_U11	Egzamin i projekt.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
ZMUM_K01	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2_K01	Egzamin i projekt.

<b>Metody bayesowskie</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bayesowskie modele statystyczne: rozkłady a priori i a posteriori, warunkowa zależność i dostateczność, rozkłady predykcyjne, sprzężone rodziny rozkładów – przykłady, rozkłady a priori Jeffreysa, niewłaściwe rozkłady a priori.</li> <li>2. Teoria decyzji statystycznych: funkcje straty, przykłady (kwadratowa, LINEX, logistyczna, zawiasowa, wykładnicza), ryzyko i jego minimalizacja, reguły decyzyjne, reguły bayesowskie, porównanie reguł bayesowskich z regułami minmaksowymi, model gry statystycznej, dostateczność w teorii decyzji.</li> <li>3. Estymacja i predykcja w modelach bayesowskich: definicja estymatora bayesowskiego, przykłady dla różnych funkcji straty, optymalny predyktor bayesowski, klasyfikatory bayesowskie.</li> <li>4. Bayesowskie zbiory ufności: definicja bayesowskiego obszaru ufności, obszar o największej gęstości a posteriori, wewnętrzna funkcja straty, odległość Kullbacka-Leiblera, wewnętrzne przedziały ufności.</li> <li>5. Testowanie hipotez w ujęciu bayesowskim: przypadek dwóch prostych hipotez, hipotezy złożone, czynniki Bayesa, paradoks Jeffreysa-Lindleya.</li> <li>6. Metody Markov Chain Monte Carlo: podstawowa idea MCMC, odwracalność łańcucha Markowa, próbnik Gibbsa, algorytm M-H, różne funkcje akceptacji (oryginalna, Barkera), przykłady: model hierarchiczny, model mieszanek normalnych. Ukryte modele Markowa i sekwencyjne MC, algorytmy: Forward filtering, Backward, FFBS, Viterbiego.</li> <li>7. Asymptotyczna teoria bayesowska: zgodność i asymptotyczna normalność rozkładów a posteriori, wymienialność i tw. de Finetti, przykłady: schemat urnowy, losowanie bez zwracania, uogólnione tw. de Finetti.</li> <li>8. Regresja liniowa w ujęciu bayesowskim: rozkład gaussowski i uogólniony gaussowski a priori parametrów, rozkład a posteriori parametrów w modelu liniowym, maksymalizacja rozkładu a posteriori w celu znalezienia optymalnych parametrów, rozkład predykcyjny, interpretacja średniej rozkładu a posteriori w kategoriach funkcji jądrowych.</li> </ol>	

	9. Regresja logistyczna w ujęciu bayesowskim: aproksymacja Laplace'a, i jej zastosowanie do przybliżania rozkładu a posteriori, rozkład predykcyjny, wady i zalety używania funkcji logitowej i probitowej przy obliczaniu rozkładu predykcyjnego.
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
MBA_W01	Absolwent zna definicję estymatora bayesowskiego i jego postaci dla różnych funkcji straty.	MAD2SMAD_W12	Kolokwium/egzamin.
MBA_W02	Absolwent wie czym jest optymalny predyktor bayesowski.	MAD2SMAD_W12	kolokwium/egzamin.
MBA_W03	Absolwent wie do czego służą algorytmy MCMC i w jakich problemach można je stosować (model hierarchiczny, model mieszanek normalnych).	MAD2SMAD_W13	Kolokwium/egzamin.
MBA_W04	Absolwent zna rozkład zmiennej odpowiedzi w modelu liniowym przy zadanym rozkładzie apriori na jego parametrach.	MAD2SMAD_W13	Kolokwium/egzamin.
<b>UMIĘTNOŚCI</b>			
MBA_U01	Absolwent umie używać czynników Bayesa w celu poprawnego konstruowania testów statystycznych w ujęciu bayesowskim.	MAD2SMAD_U13	Kolokwium/egzamin.
MBA_U02	Absolwent umie skonstruować bayesowskie obszary ufności o największej gęstości a posteriori.	MAD2SMAD_U13	Kolokwium/egzamin.
MBA_U03	Absolwent umie konstruować próbnik Gibbsa dla zadanego prostego modelu hierarchicznego.	MAD2SMAD_U14	Kolokwium/egzamin.
MBA_U04	Absolwent umie skonstruować model liniowy w ujęciu bayesowskim, a także model logistyczny o zadanych rozkładach a priori na parametrach, dla funkcji logistycznej i probitowej.	MAD2SMAD_U14	Kolokwium/egzamin.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
MB_K01	Absolwent umie wytłumaczyć w praktycznych zastosowaniach metodologiczną różnicę między statystyką ilościową, a bayesowską.	MAD_K01	Kolokwium/egzamin.
MB_K02	Absolwent umie przedstawić w języku bayesowskim wnioski z obliczeń statystycznych i w sposób przystępny komunikować je użytkownikom.	MAD_K01	Kolokwium/egzamin.

<b>Uogólnione modele liniowe</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	30
	Projekt	0
Liczba ECTS:	6	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	

Treści programowe:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Model regresji logistycznej: postać funkcji wiarygodności, iteracyjna metoda poszukiwania estymatorów NW, istotność współczynników i dopasowanie modelu, statystyka Chi-kwadrat i jej rozkład asymptotyczny, diagnostyka modelu, rezydua oparte na odchyleniach funkcji logwiarygodności i rezydua Pearsona, niestabilność estymatorów największej wiarygodności dla klas liniowo separowalnych.</li> <li>2. Dane binarne: inne funkcje łączące, model probitowy, model <i>log-log</i>, model <i>complementary log-log</i> i porównanie z modelem logistycznym.</li> <li>3. Poissonowski model regresyjny, odchylenie poissonowskie modelu od modelu, ujemny model dwumianowy, zagadnienie <i>offset</i>.</li> <li>4. Uogólniony model liniowy: rodzina wykładnicza i jej podstawowe własności (postać wartości oczekiwanej, wariancji), funkcja łącząca, postać kanoniczna, dopasowanie UML, algorytm iteracyjnie ważonych estymatorów MNK, ogólna postać odchylenia, testowanie hipotez.</li> <li>5. Diagnostyka UML, detekcja punktów odstających i wpływowych, konstrukcja macierzy daszkowej, podstawowe wykresy diagnostyczne.</li> <li>6. Modelowanie odpowiedzi nominalnych: modele logliniowe, analiza zależności w tablicach wielodzzielczych, podstawowe miary zależności dla skali nominalnej i porządkowej: współczynnik Goodmana-Kruskala, miara gamma, modelowanie odpowiedzi na skali porządkowej, model proporcjonalnych szans.</li> <li>7. Dyskusja alternatywnych GLM: modele dla odpowiedzi wielomianowych, model gamma i odwrotny model gamma.</li> <li>8. Zagadnienie nadwyżki/niedoboru rozproszenia, quasi-wiarygodność, model quasi-poissonowski.</li> <li>9. Rodzina rozkładów Tweedie będącej podrodziną rodziny wykładniczej: analiza sytuacji w jakich może być użyteczna do modelowania danych.</li> <li>10. Modele graficzne nieskierowane i skierowane: podstawowa konstrukcja, zastosowanie, własności: m.in. globalna i lokalna Markowa, znaczenie zmiennych ukrytych, przegląd pakietów służących budowie sieci bayesowskich.</li> </ol>
Aktualizacja	2022

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
UML_W01	Student zna pojęcie uogólnionego modelu liniowego, jego własności, pojęcie funkcji łączącej. Zna ogólne metody diagnostyki dopasowania i porównywania modeli zagnieżdżonych.	MAD2SMAD_W15	Kolokwia, egzamin.
UML_W02	Zna kryteria wyboru modelu w zależności od charakteru danych, a w szczególności zna postać i założenia modeli logistycznego, poissonowskiego, wielomianowego i modeli log-liniowych. Zdaje sobie sprawę z możliwości lepszego dopasowania modelu do sytuacji przez np. zmianę funkcji łączącej.	MAD2SMAD_W14	Kolokwia, egzamin.
UML_W03	Wie jak poradzić sobie z nadwyżką lub niedoborem rozproszenia stosując modele mieszane (np. model ujemny dwumianowy) lub metody quasi-wiarygodnościowe.	MAD2SMAD_W15	Kolokwia, egzamin.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
UML_U01	Potrafi zaproponować odpowiedni model w klasie uogólnionych modeli liniowych i przetestować jego dopasowanie oraz wyciągnąć na jego podstawie odpowiednie wnioski.	MAD2SMAD_U15	Kolokwia, egzamin.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
UML_U02	Umie policzyć wartość oczekiwaną i wariancję dla rozkładów z rodziny wykładniczej oraz wyrazić je za pomocą funkcji kumulanty i parametru rozproszenia.	MAD2SMAD_U16	Kolokwia, egzamin.
UML_U03	Potrafi zbudować model log-liniowy, ocenić jego dopasowanie i istotność zmiennych. Potrafi zinterpretować wyniki również w kontekście występowania interakcji między zmiennymi.	MAD2SMAD_U15	Kolokwia, egzamin.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
UML_K01	Rozumie odpowiedzialność związaną ze sprawdzeniem założeń modelu, który ma zostać dopasowany do danych oraz niebezpiecznych skutków błędnego rozumienia korelacji jako związku przyczynowo-skutkowego.	MAD_K01	Kolokwia, egzamin.
UML_K02	Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD_K01	Kolokwia, egzamin.

<b>Warsztaty badawcze 1, Warsztaty badawcze 2</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	30 (WB1)+30 (WB2)
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	0
	Projekt	60 (WB1)+60 (WB2)
Liczba ECTS:	6 (WB1) + 6 (WB2)	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Zajęcia składa się trzech interdyscyplinarnych warsztatów, prowadzonych przez praktyków, w ramach których realizowane są zadania badawcze dotyczące analizy danych pochodzących z różnych obszarów (np. biometrii, procesów technologicznych, genetyki, klimatologii, medycyny itd.). Każdy cykl obejmuje: 1. Wprowadzenie do problemu. 2. Realizację postawionych zadań badawczych. 3. Przedstawienie wyników i dyskusję raportów.	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Absolwent zna zaawansowane metody wnioskowania statystycznego i analizy równego typu danych.	MAD2SMAD_W01 – MAD2SMAD_W15	Przygotowanie i dyskusja raportu.
W02	Ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań związanych z działalnością badawczą w zakresie statystyki i analizy danych.	MAD2_W01 MAD2_W02 MAD2_W03	Przygotowanie i dyskusja raportu.
W03	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Przygotowanie i dyskusja raportu.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
U01	Potrafi dobrać metodę analizy danych, właściwą dla danego problemu, przeprowadzić wnioskowanie statystyczne oraz przygotować opracowanie wyników i raport zawierający wnioski z badania.	MAD2SMAD_U01 – MAD2SMAD_U16 MAD2_U01	Przygotowanie i dyskusja raportu.
U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Przygotowanie i dyskusja raportu.
U03	Potrafi współdziałać w zespole pracującym nad projektem.	MAD2_U03	Przygotowanie i dyskusja raportu.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Absolwent rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2_K01	Przygotowanie i dyskusja raportu.
K02	Jest gotów do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy.	MAD2_K02	Przygotowanie i dyskusja raportu.
K03	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Przygotowanie i dyskusja raportu.

<b>Seminarium: Wybrane zagadnienia statystyki 1 – 3</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	0
	Ćwiczenia	30 (WZS1) + 30 (WZS2) + 30 (WZS3)
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	2 (S:WZS1) + 2 (S:WZS2) + 2 (S:WZS3)	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Samodzielna praca nad tekstem.</li> <li>2. Przygotowywanie prezentacji.</li> <li>3. Wygłaszanie referatów.</li> <li>4. Dyskusja dotycząca referowanych zagadnień.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Absolwent ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań związanych z działalnością badawczą w zakresie statystyki i analizy danych.	MAD2_W01 MAD2_W02 MAD2_W03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
W02	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
U01	Absolwent potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu w języku angielskim, zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników.	MAD2_U01	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
U03	Potrafi współdziałać w zespole pracującym nad projektem.	MAD2_U03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Absolwent rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2_K01	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
K02	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.

<b>Seminarium dyplomowe</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	0
	Ćwiczenia	30
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	2	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Samodzielna praca nad tekstem.</li> <li>2. Przygotowywanie prezentacji.</li> <li>3. Wygłaszanie referatów</li> <li>4. Dyskusja dotycząca referowanych zagadnień.</li> </ol>	
Aktualizacja	2022	

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
W01	Absolwent ma podstawową wiedzę dotyczącą uwarunkowań związanych z działalnością badawczą w zakresie statystyki i analizy danych.	MAD2_W01 MAD2_W02 MAD2_W03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
W02	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
U01	Absolwent potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu w języku angielskim, zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników.	MAD2_U01	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
U03	Potrafi współdziałać w zespole pracującym nad projektem.	MAD2_U03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K01	Absolwent rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie i podnoszenia kompetencji zawodowych.	MAD2_K01	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.
K02	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Przygotowanie prezentacji, wygłoszenie referatu, aktywność.

<b>Praca dyplomowa</b>		
Rodzaj zajęć/liczba godzin	Wykład	0
	Ćwiczenia	0
	Laboratorium	0
	Projekt	0
Liczba ECTS:	20	
Status przedmiotu:	Obowiązkowy	
Treści programowe:	Student wykonujący dyplomową pracę magisterską ma wykazać się pogłębioną znajomością podstawowej wiedzy teoretycznej w obszarze matematyki i analizy danych oraz umiejętnością rozwiązywania problemów wymagających stosowania nowoczesnych metod z zakresu analiz teoretycznych, badawczych, obliczeniowych i eksperymentalnych.	



Aktualizacja	2022
--------------	------

Efekty uczenia się dla przedmiotu:

Symbol efektu uczenia się dla przedmiotu	Opis efektów uczenia się	Symbol efektów uczenia się dla programu studiów	Sposób weryfikacji
<b>WIEDZA</b>			
PD_W01	Absolwent pogłębił wiedzę z matematyki i analizy danych oraz kierunków pokrewnych w zakresie tematyki przygotowywanej pracy dyplomowej.	MAD2_W01 MAD2_W02 MAD2_W03	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
PD_W02	Zna i rozumie uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową.	MAD2_W04	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
PD_U01	Absolwent potrafi przedstawić wyniki badań w postaci samodzielnie przygotowanego referatu, zawierającego motywację, metody dochodzenia do wyników oraz ich znaczenie na tle innych podobnych wyników.	MAD2_U01	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
PD_U02	Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się oraz zrealizować proces samokształcenia.	MAD2_U02	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
PD_K01	Absolwent potrafi myśleć w sposób kreatywny i twórczy. Posiada zdolność do kontynuacji kształcenia oraz świadomość potrzeby samokształcenia w ramach procesu kształcenia ustawicznego (studia III stopnia, studia podyplomowe, kursy i egzaminy przeprowadzane przez uczelnie, firmy i organizacje zawodowe).	MAD2_K01	Obserwacja pracy przez promotora, dyskusja.
PD_K02	Jest gotów do przestrzegania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad.	MAD2_K03	Obserwacja pracy przez promotora, recenzje pracy, ocena obrony pracy dyplomowej.