

# PROGRAM STUDIÓW

WYDZIAŁ: **MATEMATYKI**

KIERUNEK STUDIÓW: **APPLIED MATHEMATICS**

Przyporządkowany do dyscypliny: **matematyka**

POZIOM KSZTAŁCENIA: **studia drugiego stopnia (magisterskie)**

FORMA STUDIÓW: **stacjonarna**

PROFIL: **ogólnoakademicki**

JĘZYK PROWADZENIA STUDIÓW: **angielski**

OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA: **2023/2024**

Zawartość:

1. Zakładane efekty uczenia się – zał. nr 1 do programu studiów
2. Opis programu studiów – zał. nr 2 do programu studiów
3. Plan studiów – zał. nr 3 do programu studiów

\*niepotrzebne skreślić

## ZAKŁADANE EFEKTY UCZENIA SIĘ

**Wydział: Matematyki**

**Kierunek studiów: Applied Mathematics**

**Poziom studiów: studia drugiego stopnia, magisterskie**

**Profil: ogólnoakademicki**

### Umiejscowienie kierunku

Dziedzina nauki: dziedzina nauk ścisłych i przyrodniczych

Dyscyplina: matematyka

Objaśnienie oznaczeń:

P7U – charakterystyki uniwersalne odpowiadające kształceniu na studiach pierwszego stopnia - 7 poziom PRK

P7S – charakterystyki drugiego stopnia odpowiadające kształceniu na studiach pierwszego stopnia studiów - 7 poziom PRK

W – kategoria „wiedza”

U – kategoria „umiejętności”

K – kategoria „kompetencje społeczne”

...\_inż – efekty uczenia się umożliwiające uzyskanie kompetencji inżynierskich

KAMAN\_W1, ... - efekty kierunkowe dot. kategorii „wiedza”

KAMAN\_U1, ... - efekty kierunkowe dot. kategorii „umiejętności”

KAMAN\_K1, ... - efekty kierunkowe dot. kategorii „kompetencje społeczne”

Symbol kierunkowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla kierunku studiów 'Applied Mathematics' Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do charakterystyk PRK		
		Uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia (U)	Charakterystyki drugiego stopnia typowe dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego (S)	
			Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 7 PRK	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 6 i 7 PRK, umożliwiającą uzyskanie kompetencji inżynierskich
<b>WIEDZA (W)</b>				
KAMAN_W01	posiada pogłębioną wiedzę z zakresu podstawowych działów matematyki	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W02	dobrze rozumie rolę i znaczenie konstrukcji rozumowań matematycznych	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W04	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki teoretycznej lub stosowanej	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W05	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki: zna większość klasycznych definicji i twierdzeń oraz ich dowody	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W06	jest w stanie rozumieć sformułowania zagadnień pozostających na etapie badań	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W07	zna powiązania zagadnień wybranej dziedziny z innymi działami matematyki teoretycznej i stosowanej	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W08	zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia, orientuje się w kierunkach ich rozwoju	P7U_W	P7S_WG, P7S_WG	
KAMAN_W09	zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W10	zna metody stosowane do znajdowania przybliżonych rozwiązań zagadnień matematycznych (na przykład równań różniczkowych) stawianych przez dziedziny stosowane (np. technologie przemysłowe, zarządzanie itp.) oraz problemy związane z wykorzystywaniem niektórych z tych metod	P7U_W	P7S_WK, P7S_WG	
KAMAN_W11	zna matematyczne podstawy teorii informacji, teorii algorytmów i kryptografii oraz ich praktyczne zastosowania m.in. w programowaniu i szeroko rozumianej informatyce	P7U_W	P7S_WG	

KAMAN_W12	zna dobrze co najmniej jeden pakiet oprogramowania, służący do obliczeń symbolicznych i jeden pakiet do statystycznej obróbki danych	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W13	zna język obcy na poziomie wystarczającym do czytania aktualnej literatury fachowej	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W14	zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu wystarczającym do samodzielnej pracy w zawodzie matematyka	P7U_W	P7S_WK	
KAMAN_W15	zna ogólne zasady i twierdzenia teoriodecyzyjnego podejścia do wnioskowań statystycznych oraz metody wyznaczania optymalnych funkcji decyzyjnych	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W16	zna zaawansowane metody estymacji i testowania hipotez w statystycznych modelach parametrycznych i nieparametrycznych, dla danych dyskretnych i ciągłych, w ogólnych modelach liniowych oraz dla niektórych klas procesów stochastycznych	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W17	zna metody prognozy szeregów czasowych	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W18	zna metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej	P7U_W	P7S_WG	
KAMAN_W19	ma wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności pracy inżynierskiej	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_inż
KAMAN_W20	zna typowe technologie, których znajomość umożliwia zastosowanie metod matematycznych w problemach inżynierskich	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_inż
KAMAN_W21	zna metody stosowane przy rozwiązywaniu prostych zadań inżynierskich z wykorzystaniem metod matematycznych	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_inż
KAMAN_W22	ma wiedzę o cyklu życia urządzeń i systemów technicznych	P7U_W	P7S_WG	P7S_WG_inż
KAMAN_W23	ma wiedzę dotyczącą zarządzania i prowadzenia działalności gospodarczej oraz praw autorskich	P7U_W	P7S_WK	P7S_WK_inż
<b>UMIEJĘTNOŚCI (U)</b>				
KAMAN_U01	posiada umiejętności konstruowania rozumowań matematycznych: dowodzenia twierdzeń, jak i obalania hipotez poprzez konstrukcje i dobór kontrprzykładów	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U02	posiada umiejętności wyrażania treści matematycznych w mowie i na piśmie, w tekstach matematycznych o różnym charakterze	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U03	posiada umiejętność sprawdzania poprawności wnioskowań w budowaniu dowodów formalnych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U04	w zagadnieniach matematycznych dostrzega struktury formalne związane z działami matematyki i rozumie znaczenie ich własności	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U05	swobodnie posługuje się narzędziami analizy, w tym rachunkiem różniczkowym i całkowym, elementami analizy zespolonej i fourierowskiej	P7U_U	P7S_UW	

KAMAN_U06	orientuje się w metodach rozwiązywania klasycznych równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych, potrafi stosować je w typowych zagadnieniach praktycznych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U07	potrafi stosować pojęcia teorii miary w typowych zagadnieniach teoretycznych i praktycznych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U08	posiada umiejętności rozpoznawania struktur topologicznych w obiektach matematycznych występujących np. w geometrii lub analizie matematycznej; potrafi wykorzystać własności topologiczne zbiorów, funkcji i przekształceń	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U09	posługuje się językiem oraz metodami analizy funkcjonalnej w zagadnieniach analizy matematycznej i jej zastosowaniach	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U10	potrafi stosować metody algebraiczne (z naciskiem na algebrę liniową) w rozwiązywaniu problemów z różnych działów matematyki i zadań praktycznych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U11	zna różne rozkłady probabilistyczne i ich własności; potrafi je stosować w zagadnieniach praktycznych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U12	umie, na poziomie zaawansowanym i obejmującym matematykę współczesną, stosować, omawiać oraz przedstawiać w mowie i na piśmie, metody co najmniej jednej wybranej gałęzi matematyki: analizy matematycznej i analizy funkcjonalnej, teorii równań różniczkowych i układów dynamicznych, algebry i teorii liczb, geometrii i topologii, rachunku prawdopodobieństwa i statystyki, matematyki dyskretnej i teorii grafów, logiki i teorii mnogości; potrafi planować swój dalszy rozwój w wybranej dziedzinie	P7U_U	P7S_UK, P7S_UU, P7S_UW	
KAMAN_U13	w wybranej dziedzinie potrafi przeprowadzać dowody, w których stosuje w razie potrzeby również narzędzia z innych działów matematyki, potrafi ocenić poprawność wyliczeń i wyników eksperymentów	P7U_U	P7S_UK, P7S_UW	
KAMAN_U14	potrafi określić swoje zainteresowania i je rozwijać; w szczególności jest w stanie kierować pracą zespołu; umie nawiązać kontakt ze specjalistami w swojej dziedzinie, np. rozumieć ich wykłady przeznaczone dla młodych matematyków	P7U_U	P7S_UK, P7S_UO, P7S_UU	
KAMAN_U15	potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U16	rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów i procesów obliczeniowych	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U17	potrafi konstruować algorytmy o dobrych własnościach numerycznych, służące do rozwiązywania typowych i nietypowych problemów matematycznych	P7U_U	P7S_UW	

KAMAN_U18	umie stosować metody komputerowo wspomaganego dowodzenia twierdzeń oraz logicznego wspomaganie weryfikacji i specyfikacji programów	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U19	potrafi wyznaczać optymalne decyzje statystyczne w złożonych modelach statystyki matematycznej	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U20	umie wykorzystywać metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U21	potrafi wykorzystywać profesjonalne pakiety statystyczne do analizy statystycznej	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U22	ma umiejętności językowe w zakresie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów	P7U_U	P7S_UK	
KAMAN_U23	potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	P7U_U	P7S_UW	
KAMAN_U24	potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich metody analityczne oraz symulacyjne	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U25	potrafi wykorzystać metody matematyczne i ocenić ich przydatność do rozwiązania prostych zadań inżynierskich	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U26	potrafi — przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich — dostrzegać ich aspekty pozatechniczne	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U27	potrafi dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U28	potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejącego rozwiązania technicznego	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U29	potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
KAMAN_U30	potrafi zasymulować proces odzwierciedlający zachowania obserwowane w problemach inżynierskich, używając właściwych metod i narzędzi	P7U_U	P7S_UW	P7S_UW_inż
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)</b>				
KAMAN_K01	zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia	P7U_K	P7S_KK, P7S_KR,	
KAMAN_K02	potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania	P7U_K		
KAMAN_K03	potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter	P7U_K	P7S_KR	
KAMAN_K04	rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie	P7U_K	P7S_KK	

KAMAN_K05	rozumie potrzebę popularnego przedstawiania laikom wybranych osiągnięć matematyki wyższej	P7U_K	P7S_KO	
KAMAN_K06	potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych	P7U_K	P7S_KR	
KAMAN_K07	potrafi formułować opinie na temat zagadnień matematycznych	P7U_K	P7S_KK	
KAMAN_K08	ma potrzebę poznawania innych dziedzin nauki, także w zakresie przedmiotów humanistycznych	P7U_K	P7S_KK	
KAMAN_K09	dba o zachowanie sprawności fizycznej oraz kondycji przydatnej w pracy zawodowej	P7U_K	P7S_KR	
KAMAN_K10	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej,	P7U_K	P7S_KO	P7S_KO_inż
KAMAN_K11	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7U_K	P7S_KO	

## OPIS PROGRAMU STUDIÓW

<b>Kierunek studiów:</b> <i>Applied Mathematics</i>	<b>Profil:</b> ogólnoakademicki
<b>Poziom studiów:</b> studia drugiego stopnia, magisterskie	<b>Forma studiów:</b> stacjonarna

## 1. Opis ogólny

<i>1.1 Liczba semestrów:</i> <b>3</b>	<i>1.2 Całkowita liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów na danym poziomie:</i> <b>90</b>
<i>1.3 Łączna liczba godzin zajęć:</i> <b>825</b>	<i>1.4 Wymagania wstępne (w szczególności w przypadku studiów drugiego stopnia):</i> Spełnienie dodatkowych warunków przyjęć (ukończenie studiów I stopnia z wymaganym tytułem zawodowym i na dopuszczalnym kierunku studiów), o których mowa w dokumencie "Warunki i tryb rekrutacji na studia wyższe w Politechnice Wrocławskiej" na dany rok akademicki.
<i>1.5 Tytuł zawodowy nadawany po zakończeniu studiów:</i> magister inżynier	<i>1.6 Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia:</i> Absolwent posiada pogłębioną wiedzę z zakresu matematyki i jej zastosowań. Ma umiejętności: (1) konstruowania rozumowań matematycznych, testowania prawdziwości hipotez matematycznych, przedstawiania treści matematycznych w mowie i piśmie; (2) budowania modeli matematycznych niezbędnych w zastosowaniach matematyki; (3)

	<p>posługiwania się zaawansowanymi narzędziami informatycznymi przy rozwiązywaniu teoretycznych i praktycznych problemów matematycznych;</p> <p>(4) samodzielnego poszerzania wiedzy matematycznej w zakresie aktualnych wyników badań.</p> <p>Absolwent jest przygotowany do: (1) samodzielnej pracy w instytucjach wykorzystujących metody matematyczne do przetwarzania i analizy danych; (2) nauczania matematyki w szkołach wszystkich poziomów - po ukończeniu specjalności nauczycielskiej (zgodnie z odpowiednim rozporządzeniem ministra właściwego do spraw szkolnictwa wyższego w sprawie standardów kształcenia nauczycieli); (3) kontynuacji edukacji w szkole doktorskiej lub studiach podyplomowych.</p>
<p><i>1.7</i> <i>Możliwość kontynuacji studiów:</i></p> <p>Szkoła doktorska</p> <p>Studia podyplomowe</p>	<p><i>1.8</i> <i>Wskazanie związku z misją Uczelni i strategią jej rozwoju:</i></p> <p>Matematyka stosowana była i jest jednym z głównych obszarów zainteresowań badawczych Wydziału Matematyki Politechniki Wrocławskiej. Kształcenie w zakresie matematyki finansowej, ubezpieczeniowej i przemysłowej na Wydziale Matematyki PWr jest unikatowe w skali kraju i mieści się w głównym nurcie współczesnych trendów światowych.</p>

## 2. Opis szczegółowy

2.1 Całkowita liczba efektów uczenia się w programie studiów:

$$\mathbf{W \text{ (wiedza)} = 35, U \text{ (umiejętności)} = 42, K \text{ (kompetencje)} = 19, W + U + K = 96}$$

2.2 Dla kierunku studiów przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny – liczba efektów uczenia się przypisana do dyscypliny:

**nie dotyczy (kierunek przypisany tylko do jednej dyscypliny)**

2.3 Dla kierunku studiów przyporządkowanego do więcej niż jednej dyscypliny – procentowy udział liczby punktów ECTS dla każdej z dyscyplin:

**100% (dyscyplina matematyka)**

2.4a. Dla kierunku studiów o profilu ogólnoakademickim – liczba punktów ECTS przypisana zajęciom związanym z prowadzoną w Uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów - DN (*musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2*)

**48 ECTS**

2.4b. Dla kierunku studiów o profilu praktycznym - liczba punktów ECTS przypisana zajęciom kształtującym umiejętności praktyczne (*musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2*)

**nie dotyczy**

2.5 Zwięzła analiza zgodności zakładanych efektów uczenia się z potrzebami rynku pracy

Zakładane efekty kształcenia odpowiadają na współczesne zapotrzebowanie rynku pracy w kontekście zastosowań matematyki. Coraz więcej firm przemysłowych tworzy własne centra badawcze, gdzie analizowane są procesy związane z daną branżą. Bez znajomości metod i narzędzi matematycznych analiza taka nie jest możliwa. Kierunek Applied Mathematics odpowiada na zapotrzebowanie rynku w tym zakresie. Ponadto, metody matematyczne wykorzystywane są w każdej branży (finanse, telekomunikacja, górnictwo, etc). Umiejętność zastosowania tych metod oraz mocne podstawy programistyczne dają szansę absolwentom na znalezienie pracy, która da możliwość ich rozwoju.

2.6. Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia (wpisać sumę punktów ECTS dla kursów/ grup kursów oznaczonych kodem BU<sup>1</sup>, przy czym dla studiów stacjonarnych liczba ta musi być większa niż 50 % całkowitej liczby punktów ECTS z p. 1.2)

**47 ECTS**

**2.7.** Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć z zakresu nauk podstawowych

Liczba punktów ECTS z przedmiotów obowiązkowych	6
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	0
Łączna liczba punktów ECTS	6

**2.8.** Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć o charakterze praktycznym, w tym zajęć laboratoryjnych i projektowych (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem P)

Liczba punktów ECTS z przedmiotów obowiązkowych	12
Liczba punktów ECTS z przedmiotów wybieralnych	32
Łączna liczba punktów ECTS	44

**2.9.** Minimalna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać, realizując bloki kształcenia oferowane na zajęciach ogólnouczelnianych lub na innym kierunku studiów (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem O)

#### **8 ECTS**

**2.10.** Łączna liczba punktów ECTS, którą student może uzyskać, realizując bloki wybieralne (min. 30 % całkowitej liczby punktów ECTS)

#### **38 punktów ECTS**

**3. Opis procesu prowadzącego do uzyskania efektów uczenia się:**

Efekty uczenia się będą uzyskiwane podczas uczestniczenia studentów w wykładach, ćwiczeniach, laboratoriach i seminariach, jak również poprzez realizację projektów i indywidualną pracę. Weryfikacja uzyskania efektów uczenia się nastąpi poprzez kolokwia, egzaminy, kartkówki oraz pracę na zajęciach zorganizowanych przez Uczelnię.

## 4. Lista bloków zajęć:

### 4.1. Lista bloków zajęć obowiązkowych:

#### 4.1.2 Lista bloków z zakresu nauk podstawowych

##### 4.1.2.2 Blok *Fizyka*

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Partial differential equations with applications in physics and industry (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W07 KAMAN_U06 KAMAN_U08 KAMAN_U09 KAMAN_U15 KAMAN_U16 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K01 KAMAN_K06	60	180	6	6	3	T	E (w)		DN	P(2)	PD, S(MIC)
		Razem	2	2					60	180	6	6	3					2	

#### Razem dla bloków z zakresu nauk podstawowych:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
2	2	0	0	0	60	180	6	6	3

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, s, p)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-a z prowadzoną dział. naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

## 4.1.3 Lista bloków kierunkowych

### 4.1.3.1 Blok *Przedmioty obowiązkowe kierunkowe*

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęc DN <sup>5</sup>	zajęc BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Economathematics <b>(GK)</b>	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W16 KAMAN_W17 KAMAN_W18 KAMAN_U15 KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E (w)		DN	P(2)	S (FAM)
		Life Insurance Models <b>(GK)</b>	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W22 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06 inż	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
		Optimization theory <b>(GK)</b>	2	2				KAMAN_W01 KAMAN_W02 KAMAN_W03 KAMAN_W06 KAMAN_W07 KAMAN_W08 KAMAN_W10 KAMAN_W15 KAMAN_U01 KAMAN_U11 KAMAN_U19 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_U29 KAMAN_K01 KAMAN_K02 KAMAN_K06 KAMAN_K07 KAMAN_K03 KAMAN_K04 KAMAN_K05	60	180	6	6	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (MSO)
		Agent-based modelling of complex systems <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W08, KAMAN_W09 KAMAN_W11 KAMAN_U23 KAMAN_U17 KAMAN_U18 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (DAT)
		Razem	8	6	2				240	630	21	21	12					8	

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

### Razem dla bloków kierunkowych:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
8	6	2			240	630	21	21	12

## 4.2 Lista bloków wybieralnych

### 4.2.1 Lista bloków kształcenia ogólnego

#### 4.2.1.1 Blok *Przedmioty humanistyczno-menedżerskie*

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólno-uczelniane <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Przedmiot społeczny/Social course	2					KAMAN_W19 KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27 KAMAN_K08, KAMAN_K10 KAMAN_K11	30	75	3		3	T		O			KO
		Przedmiot humanistyczny/Humanities course	2					KAMAN_W19 KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27 KAMAN_K08, KAMAN_K10 KAMAN_K11	15	50	2		2	T		O			KO
		Razem	4						45	125	5		5						

#### 4.2.1.2 Blok *Języki obce*

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólno-uczelniane <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Język obcy/Foreign language		1				KAMAN_W13, KAMAN_K06	15	30	1		1	T		O			KO

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniane – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

	Język obcy/Foreign language		3				KAMAN_W13, KAMAN_K06	45	60	2		2	T		O			KO
	Razem		4					60	90	3		3						

### Razem dla bloków kształcenia ogólnego:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
4	4				105	215	8		8

## 4.2.2 Lista bloków specjalnościowych

### 4.2.2.1 Blok Kursy specjalnościowe wybieralne

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNP S	łącna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólno-uczelniane <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
1		Financial risk management (GK)	2	2				KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
2		Computational Finance (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_W08, KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U16, KAMAN_U17, KAMAN_U23 KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (FAM, Dat)
3		Insurance models for industry (GK)	2		2			KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
4		Reserves in life and non-life insurance (GK)	2	2				KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
5		Risk management in insurance (GK)	2			2		KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniane – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

								KAMAN_U25,KAMAN_K06											
6		Numerical methods in differential equations (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U28 KAMAN_U29,KAMAN_U16 KAMAN_K06,KAMAN_K01	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
7		Introduction to applied fluid dynamics (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W06 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
8		Perturbation Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W10 KAMAN_U15,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
9		Applied Functional analysis (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W07 KAMAN_U09,KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
10		Nonlinear Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
11		Introduction to Inverse Problems (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W13 KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_W08, KAMAN_W10, KAMAN_W12KAMAN_U16, KAMAN_U17KAMAN_K05, KAMAN_K06KAMAN_K03, KAMAN_K04	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC, MSO)
12		Free boundary problems (GK)	2	2				KAMAN_W03,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U28, KAMAN_U29KAMAN_U16, KAMAN_K06,KAMAN_K01,	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
13		Diffusion processes on complex networks (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_U23 KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
14		Analysis of unstructured data (GK)	2		2			KAMAN_W12,KAMAN_U21, KAMAN_U20, KAMAN_U24, KAMAN_U25,KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
15		Advanced Applications of	2		2			KAMAN_W02, KAMAN_W04, KAMAN_W08, KAMAN_W16	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

9

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

		Statistical Packages (GK)					KAMAN_W13KAMAN_W12, KAMAN_W18KAMAN_U11, KAMAN_U15, KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U02, KAMAN_U12,KAMAN_K02 KAMAN_K05											
16		Computer simulations of stochastic processes (GK)	2		2		KAMAN_W04, KAMAN_W05 KAMAN_W09,KAMAN_U13, KAMAN_U17, KAMAN_U23, KAMAN_U24,KAMAN_U25 KAMAN_U30,KAMAN_K03, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (Dat, MSO)
17		Estimation theory (GK)	2		2		KAMAN_W04, KAMAN_W15, KAMAN_W16, KAMAN_W18 KAMAN_W13KAMAN_W12, KAMAN_U11, KAMAN_U12 KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_U02, KAMAN_K06 KAMAN_K01	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
18		Mathematical Image Processing (GK)	2		2		KAMAN_W04, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W13 KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U16, KAMAN_U17 KAMAN_U24, KAMAN_U25 KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
19		Queues and Communication Networks (GK)	2		2		KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
20		Advanced Topics in Dynamic Games (GK)	2		2		KAMAN_W01, KAMAN_W02 KAMAN_W12 KAMAN_W13 KAMAN_W17, KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U07, KAMAN_U08, KAMAN_U10, KAMAN_U13, KAMAN_U18, KAMAN_U23, KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_U26 KAMAN_U27 KAMAN_K01, KAMAN_K04, KAMAN_K05, KAMAN_K07	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

21		Operations Research (GK)	2		2			KAMAN_W04 KAMAN_W08, KAMAN_W11, KAMAN_W21 KAMAN_U10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K05	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
22		Optimal control (GK)	2		2			KAMAN_W01, KAMAN_W02, KAMAN_W03, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W08, KAMAN_W10 KAMAN_U01, KAMAN_U02, KAMAN_U03, KAMAN_U15, KAMAN_U16, KAMAN_U17, KAMAN_U18, KAMAN_U19 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K01, KAMAN_K02, KAMAN_K03, KAMAN_K04, KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K07	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
23		Introduction to big data analytics (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
24		Data Mining (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
25		Machine Learning (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
26		Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT,MSO)
Razem									1560	3900	130	130	78					52	

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

### 4.3 Blok „Seminarium dyplomowe”

Kurs obowiązkowy      liczba punktów ECTS: 2

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów				
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>	
		Diploma Seminar						2	KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P(2)	S
		Razem						2		60	750	2	2	6					2	

### 4.4 Blok „praca dyplomowa”

Typ pracy dyplomowej	magisterska	
Liczba semestrów pracy dyplomowej	Liczba punktów ECTS	Kod
1	23	
<b>Charakter pracy dyplomowej</b>		
Studialno-analityczna, praktyczna		
Liczba punktów ECTS BU <sup>1</sup>	8	
Liczba punktów ECTS DN <sup>5</sup>	23	

### 5. Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się

Typ zajęć	Sposoby weryfikacji zakładanych efektów uczenia się
wykład	egzamin, kolokwium
ćwiczenia	kartkówka, test, kolokwium
laboratorium	wejściówka, sprawozdanie z laboratorium, raport
projekt	obrona projektu, raport
seminarium	udział w dyskusji, prezentacja tematu, esej

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

praktyka	raport z praktyki
praca dyplomowa	przygotowana praca dyplomowa

## 6. Zakres egzaminu dyplomowego

Egzamin dyplomowy jest egzaminem ustnym sprawdzającym wiedzę nabytą przez studenta w ramach studiów, w zakresie podanym w programie studiów i kartach przedmiotów. Studentowi zadawane są co najmniej trzy pytania, z czego co najmniej dwa z obowiązkowych przedmiotów kierunkowych i co najmniej jedno z przedmiotu przypisanego do wybranego przez studenta modułu specjalnościowego. Pytania zadawane studentowi nie mogą wykraczać poza materiał przedmiotów zrealizowanych przez tego studenta w toku kształcenia

## 7. Wymagania dotyczące terminu zaliczenia określonych kursów/grup kursów lub wszystkich kursów w poszczególnych blokach

-----

## 8. Plan studiów (załącznik nr 4)

Zaopiniowane przez właściwy organ uchwałodawczy Samorządu Studenckiego:

..... Data	..... Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów
..... Data	..... Podpis Dziekana / dyrektora filii

\*niepotrzebne skreślić

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z w nawiasie wpisać formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów cząstkowych o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

# PLAN STUDIÓW

**WYDZIAŁ:** MATEMATYKI

**KIERUNEK STUDIÓW:** APPLIED MATHEMATICS

**POZIOM KSZTAŁCENIA:** studia drugiego stopnia

**FORMA STUDIÓW:** stacjonarna

**PROFIL:** ogólnoakademicki

**SPECJALNOŚCI:**

Financial and Actuarial Mathematics, Mathematics for Industry and Commerce, Data Engineering, Modelling, Simulation and Optimization

**JĘZYK PROWADZENIA STUDIÓW:** angielski

**OBOWIĄZUJE OD CYKLU KSZTAŁCENIA:** 2023/2024

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

# 1. Zestaw kursów / grup kursów obowiązkowych i wybieralnych w układzie semestralnym

## Semestr 1

### Kursy/grupy kursów obowiązkowe liczba punktów ECTS: 16

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Economathematics (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W16 KAMAN_W17 KAMAN_W18 KAMAN_U15 KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E (w)		DN	P(2)	S (FAM)
		Partial differential equations with applications in physics and industry (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W07 KAMAN_U06 KAMAN_U08 KAMAN_U09 KAMAN_U15 KAMAN_U16 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K01 KAMAN_K06	60	180	6	6	3	T	E (w)		DN	P(2)	PD, S(MIC)
		Life Insurance Models (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W22 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
Razem			6	6					180	480	16	16	9					6	

### Kursy/grupy kursów wybieralne, liczba punktów ECTS: 14

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup>Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

	Przedmiot społeczny/Social course	2						KAMAN_W19 KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27 KAMAN_K08, KAMAN_K10 KAMAN_K11	30	75	3		3	T		O			KO
	Język obcy/Foreign language		1					KAMAN_W13, KAMAN_K06	15	30	1		1	T		O			KO
	Razem								165	405	14	10	10					4	

### Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
					345	885	30	26	19

## Semestr 2

### Kursy/grupy kursów obowiązkowe

liczba punktów ECTS: 11

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Optimization theory (GK)	2	2				KAMAN_W01 KAMAN_W02 KAMAN_W03 KAMAN_W06 KAMAN_W07 KAMAN_W08 KAMAN_W10 KAMAN_W15 KAMAN_U01 KAMAN_U11 KAMAN_U19 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_U29 KAMAN_K01 KAMAN_K02 KAMAN_K06 KAMAN_K07 KAMAN_K03 KAMAN_K04 KAMAN_K05	60	180	6	6	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (MSO)
		Agent-based modelling of complex systems (GK)	2		2			KAMAN_W08, KAMAN_W09 KAMAN_W11 KAMAN_U23 KAMAN_U17 KAMAN_U18 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (DAT)
		Razem	4	2	2				120	330	11	11	6					4	

### Kursy/grupy kursów wybieralne, liczba punktów ECTS: 19

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup>Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S
		Przedmiot humanistyczny/Humanities course	2					KAMAN_W19 KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27 KAMAN_K08, KAMAN_K10 KAMAN_K11	15	50	2		2	T		O			KO
		Język obcy/Foreign language		3				KAMAN_W13, KAMAN_K06	45	60	2		2	T		O			KO
		Razem							240	560	19	15	13					6	

### Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
					360	890	30	26	19

### Semestr 3

#### Kursy/grupy kursów obowiązkowe **liczba punktów ECTS: 2**

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łączna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólnouczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Diploma Seminar					2	KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06	30	60	2	2	1	T	Z		DN	P(2)	S
		Razem					2		30	60	2	2	1					2	

#### Kursy/grupy kursów wybieralne, **liczba punktów ECTS: 28**

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Lp.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęc DN <sup>5</sup>	zajęc BU <sup>1</sup>			ogólno-uczelniany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course						60	150	5	5	3	T			DN	P(2)	S	
		Diploma Thesis						30	690	23	23	8	T	Z		DN	P(22)	S	
		Razem						90	840	28	28	11					22		

### Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin					Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Łączna liczba punktów ECTS zajęć DN <sup>5</sup>	Liczba punktów ECTS zajęć BU <sup>1</sup>
w	ć	l	p	s					
					120	900	30	30	11

## 2. Zestaw egzaminów w układzie semestralny

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup>Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

Kod kursu/grupy kursów	Nazwy kursów/ grup kursów kończących się egzaminem	Semestr
	1. Economathematics 2. Partial differential equations with applications in physics and industry 3. Life Insurance Models	1
	1. Optimization theory 2. Agent-based modelling of complex systems	2
	---	3

### 3. Liczby dopuszczalnego deficytu punktów ECTS po poszczególnych semestrach

Semestr	Dopuszczalny deficyt punktów ECTS po semestrze
1	10
2	10
3	0

### 4. Lista kursów specjalnościowych wybieralnych

Lp.	Kod kursu/grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/grupy kursów	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNP S	łącna	zajęc DN <sup>5</sup>	zajęc BU <sup>1</sup>			ogólno-uczelniane <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prakt. <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
1		Financial risk management (GK)	2	2				KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
2		Computational Finance (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_W08, KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U16, KAMAN_U17, KAMAN_U23	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (FAM, Dat)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

								KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06											
3		Insurance models for industry (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W09 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
4		Reserves in life and non-life insurance (GK)	2	2				KAMAN_W03,KAMAN_W09 KAMAN_U15,KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
5		Risk management in insurance (GK)	2			2		KAMAN_W03,KAMAN_W09 KAMAN_U15,KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
6		Numerical methods in differential equations (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U28 KAMAN_U29,KAMAN_U16 KAMAN_K06,KAMAN_K01	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
7		Introduction to applied fluid dynamics (GK)	2			2		KAMAN_W03,KAMAN_W06 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
8		Perturbation Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W10 KAMAN_U15,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
9		Applied Functional analysis (GK)	2		2			KAMAN_W03,KAMAN_W07 KAMAN_U09,KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
10		Nonlinear Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
11		Introduction to Inverse Problems (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W13 KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_W08, KAMAN_W10, KAMAN_W12KAMAN_U16, KAMAN_U17KAMAN_K05, KAMAN_K06KAMAN_K03, KAMAN_K04	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC, MSO)
12		Free boundary problems (GK)	2	2				KAMAN_W03,KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U28, KAMAN_U29KAMAN_U16, KAMAN_K06,KAMAN_K01,	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup>Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

13		Diffusion processes on complex networks (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_U23 KAMAN_U24 KAMAN_U25, KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
14		Analysis of unstructured data (GK)	2		2			KAMAN_W12,KAMAN_U21, KAMAN_U20, KAMAN_U24, KAMAN_U25,KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
15		Advanced Applications of Statistical Packages (GK)	2		2			KAMAN_W02, KAMAN_W04, KAMAN_W08, KAMAN_W16 KAMAN_W13KAMAN_W12, KAMAN_W18KAMAN_U11, KAMAN_U15, KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_U02, KAMAN_U12,KAMAN_K02 KAMAN_K05	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
16		Computer simulations of stochastic processes (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W05 KAMAN_W09,KAMAN_U13, KAMAN_U17, KAMAN_U23, KAMAN_U24,KAMAN_U25 KAMAN_U30,KAMAN_K03, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (Dat, MSO)
17		Estimation theory (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W15, KAMAN_W16, KAMAN_W18 KAMAN_W13KAMAN_W12, KAMAN_U11, KAMAN_U12 KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24KAMAN_U25 KAMAN_U02, KAMAN_K06 KAMAN_K01	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
18		Mathematical Image Processing (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W13 KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U16, KAMAN_U17 KAMAN_U24, KAMAN_U25 KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
19		Queues and Communication Networks (GK)	2	2				KAMAN_W03, KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25,KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
20		Advanced Topics in Dynamic Games (GK)	2	2				KAMAN_W01, KAMAN_W02 KAMAN_W12 KAMAN_W13	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

								KAMAN_W17, KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U07, KAMAN_U08, KAMAN_U10, KAMAN_U13, KAMAN_U18, KAMAN_U23, KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_U26 KAMAN_U27 KAMAN_K01, KAMAN_K04, KAMAN_K05, KAMAN_K07											
21		Operations Research (GK)	2		2			KAMAN_W04 KAMAN_W08, KAMAN_W11, KAMAN_W21 KAMAN_U10 KAMAN_U15, KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K05	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
22		Optimal control (GK)	2		2			KAMAN_W01, KAMAN_W02, KAMAN_W03, KAMAN_W06, KAMAN_W07, KAMAN_W08, KAMAN_W10 KAMAN_U01, KAMAN_U02, KAMAN_U03, KAMAN_U15, KAMAN_U16, KAMAN_U17, KAMAN_U18, KAMAN_U19 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K01, KAMAN_K02, KAMAN_K03, KAMAN_K04, KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K07	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
23		Introduction to big data analytics (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
24		Data Mining (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
25		Machine Learning (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
26		Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K02, KAMAN_K06	60	150	5	5	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT,MSO)
Razem									1560	3900	130	130	78					52	

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

## Opinia właściwego organu Samorządu Studenckiego

.....

Data

.....

Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

.....

Data

.....

Podpis Dziekana / dyrektora filii

<sup>1</sup>BU – liczba punktów ECTS przypisanych zajęciom wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia

<sup>2</sup>Tradycyjna – T, zdalna – Z

<sup>3</sup>Egzamin – E, zaliczenie na ocenę – Z. W grupie kursów po literze E lub Z wpisać w nawiasie formę kursu końcowego (w, c, l, p, s)

<sup>4</sup>Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów związany/-na z prowadzoną działalnością naukową – DN

<sup>6</sup> Kurs / grupa kursów o charakterze praktycznym – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>7</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa przedmiotu w języku polskim: **Zaawansowane zastosowania pakietów statystycznych**

Nazwa przedmiotu w języku angielskim: **Advanced Applications of Statistical Packages**

Kierunek studiów: **Applied Mathematics**

Specjalność: **Data Engineering**

Stopień studiów i forma: **II stopień, stacjonarna**

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

Kod przedmiotu:

Grupa kursów: **TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	<del>Egzamin/</del> zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin/</del> zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin/</del> zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin/</del> zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin/</del> zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI  
SPOŁECZNYCH**

1. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna opanowane na poziomie odpowiadającym I stopniowi studiów matematycznych.
2. Znajomość podstaw teoretycznych oraz umiejętność dopasowania modelu regresji liniowej.
3. Dobra znajomość dowolnego proceduralnego języka programowania, mile widziane podstawy języka S.
4. Znajomość dowolnego pakietu matematycznego lub statystycznego, wyposażonego w język programowania oprócz graficznego interfejsu użytkownika.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Przegląd zaawansowanych zastosowań pakietów statystycznych.  
C2 Doskonalenie umiejętności obsługi pakietu statystycznego R.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Student zna różnice pomiędzy predykcyjnym i konfirmatywnym podejściem do modelowania.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Student potrafi korzystać z pakietu R z wykorzystaniem ekosystemu pakietów tidyverse oraz tidymodels.

PEU\_U02 Student potrafi przeprowadzić analizę danych korzystając z zaawansowanych modeli statystycznych.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 Student jest przygotowany do zdobywania nowych kompetencji i samodzielnej analizy danych w poszukiwaniu odpowiedzi na interesującego go pytania.

### TREŚCI PROGRAMOWE

<b>Forma zajęć - wykład</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Wprowadzenie do wykładu; Ustalenie tematów do I i II bloku tematycznego na wykłady 7–14; Omówienie różnic w podejściach do modelowania w ujęciu predykcyjnym i konfirmatywnym.	2
Wy2	Wstęp do uogólnionych modeli liniowych; Wykładnicza rodzina rozkładów oraz jej własności.	2
Wy3	Estymacja i wnioskowanie o parametrach w uogólnionych modelach liniowych.	2
Wy4	Porównywanie uogólnionych modeli liniowych; Metody wyboru zmiennych; Badanie założeń w uogólnionym modelu liniowym.	2
Wy5	Szczególne przypadki uogólnionego modelu liniowego dla danych dyskretnych – regresja logistyczna, poissonowska i ujemnie dwumianowa.	2
Wy6	Metody regularyzacji: Lasso, grzbietowa oraz Elastic-Net; Regresja poissonowska i ujemnie dwumianowa z nadreprezentacją zer.	2
Wy7- Wy10	I blok tematyczny – jedno z przykładowych zagadnień ilustrujące zaawansowane zastosowania pakietów statystycznych, np.: analiza danych przedziałowo cenzurowanych, modele bayesowskie, metody bootstrapowe, uogólnione modele liniowe mieszane, statystyczne narzędzia meta-analzy, statystyka przestrzenna, statystyka skończonych populacji.	8
Wy11- Wy14	II blok tematyczny – jedno z przykładowych zagadnień ilustrujące zaawansowane zastosowania pakietów statystycznych, z tej samej puli, ale inne niż wybrane w I bloku.	8
Wy15	Podsumowanie wykładu.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Wczytywanie i przetwarzanie danych w tidyverse.	2

La2	Wizualizacja danych w ggplot2.	2
La3	Dopasowywanie modeli w tidymodels.	2
La4- La7	Ćwiczenia ilustrujące dopasowywanie oraz wnioskowanie statystyczne dla uogólnionych modeli liniowych w ujęciu konfirmatywnym oraz predykcyjnym.	8
La8- La11	Ćwiczenia ilustrujące zagadnienia zaprezentowane w I bloku tematycznym (wykłady 7–10).	8
La12- La15	Ćwiczenia ilustrujące zagadnienia zaprezentowane w II bloku tematycznym (wykłady 11–14).	8
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład multimedialny z elementami tradycyjnego.  
 N2. Laboratorium komputerowe.  
 N3. Praca własna studenta.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_U01 PEU_U02 PEU_K01	Trzy sprawozdania z laboratoriów wykonywane w niewielkich grupach studenckich.
F2	PEU_W01 PEU_U02	Kolokwium podczas wykładu.
$P = 5/7 * F1 + 2/7 * F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] H. Wickham, M. Çetinkaya-Rundel, G. Grolemund, *R for Data Science*, O'Reilly 2023, wydanie 2.
- [2] M. Kuhn, J. Silge, *Tidy Modeling with R*, O'Reilly 2022, wydanie 1.
- [3] E. Jones, S. Harden, M. J. Crawley, *The R Book*, Wiley 2022, wydanie 3.
- [4] A. Agresti, *Foundations of Linear and Generalized Linear Models*, Willey 2015, wydanie 1.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] E. Gentle, W. K. Härdle, Y. Mori, *Handbook of Computational Statistics*, Springer 2012, wydanie 2.
- [2] K. Bogaerts, A. Komarek, E. Lesaffre, *Survival Analysis with Interval-Censored Data*, Chapman & Hall 2018, wydanie 1.
- [3] R. McElreath, *Statistical Rethinking: A Bayesian Course with Examples in R and Stan*, Chapman and Hall 2020, wydanie 2.

- [4] B. Efron, R. J. Tibshirani, *An Introduction to the Bootstrap*, Chapman and Hall 1993, wydanie 1.
- [5] W. W. Stroup, *Generalized linear mixed models: modern concepts, methods and applications*, Chapman and Hall 2012, wydanie 1.
- [6] G. Schwarzer, *Meta-Analysis with R*, Springer 2015, wydanie 1.
- [7] R. S. Bivand, E. Pebesma, V. Gómez-Rubio, *Applied Spatial Data Analysis with R*, Springer 2008, wydanie 1.
- [8] Y. Tillé, *Sampling and Estimation from Finite Populations*, Wiley 2020, wydanie 1.

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

**Andrzej Giniewicz ([Andrzej.Giniewicz@pwr.edu.pl](mailto:Andrzej.Giniewicz@pwr.edu.pl))**

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim ZAAWANSOWANE ZAGADNIENIA Z TEORII GIER  
DYNAMICZNYCH**

**Nazwa w języku angielskim ADVANCED TOPICS IN DYNAMIC GAMES**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Applied Mathematics**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Modelling, Simulation, Optimization**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**TAK**

**Grupa kursów**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	3				

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH  
KOMPETENCJI**

1. Podstawy algebry, analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa.
2. Podstawy z teorii gier.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie się z markowskimi procesami decyzyjnymi.  
 C2 Zapoznanie się z metodami obliczania funkcji wartości oraz optymalnych polityk.  
 C3 Poznanie prostych modeli dających się rozwiązać za pomocą programowania dynamicznego.  
 C4. Poznanie prostych modeli opisywanych za pomocą gier stochastycznych.  
 C5. Poznanie podstaw teorii i zastosowań dynamicznych gier z continuum graczy.  
 C6. Zastosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Zna podstawowy programowania dynamicznego.

PEU\_W02. Zna podstawy teorii gier stochastycznych.

PEU\_W03. Zna podstawy teorii gier dynamicznych z continuum graczy.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Potrafi znaleźć optymalną politykę oraz funkcję wartości w prostym modelu markowskiego procesu decyzyjnego.

PEU\_U02 Potrafi zweryfikować, czy zadane strategie tworzą równowagę Nasha dla prostych gier stochastycznych.

PEU\_U03 Potrafi dobrać odpowiedni model dynamiczny do zadanego problemu optymalizacyjnego.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej.

PEU\_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.

PEU\_K03. Rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do markowskich procesów decyzyjnych. Pojęcie polityki, różne kryteria optymalności. Przykłady modeli.	2
Wy2	Metoda programowania dynamicznego. Rozwiązywanie modeli ze skończonym horyzontem czasowym. Indukcja wsteczna.	2
Wy3	Rozwiązywanie modeli dyskontowanych z nieskończonym horyzontem czasowym. Zastosowanie tw. Banacha do otrzymania równania optymalności.	2
Wy4	Algorytmy stosowane w rozwiązywaniu modeli dyskontowanych z nieskończonym horyzontem czasowym: algorytm iteracji wartości, algorytm poprawiania polityki, programowanie liniowe.	4
Wy5	Markowskie procesy decyzyjne z kryterium optymalności wrażliwym na ryzyko. Inne kryteria optymalności.	2
Wy6	Zastosowanie powyższych technik do rozwiązywania specyficznych modeli.	2
Wy7	Dwuosobowe dyskontowane gry stochastyczne o sumie zerowej. Twierdzenie Shapleya.	4
Wy8	Dyskontowane gry stochastyczne o sumie niezerowej.	2
Wy9	Inne kryteria optymalności w grach stochastycznych.	2
Wy10	Przykłady zastosowań gier stochastycznych w ekonomii i technice.	2
Wy11	Gry dynamiczne z continuum graczy. Warunki istnienia rozwiązań w tego typu grach. Związek z grami o skończonej liczbie graczy. Przykłady zastosowań w ekonomii i technice.	4
Wy12	Podsumowanie i kolokwium	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Łańcuchy Markowa.	2
Ćw2	Rozwiązywanie różnych modeli markowskich.	14
Ćw3	Rozwiązywanie różnych modeli opartych na grach stochastycznych.	14
	Suma godzin	<b>30</b>

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna 2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna 3. Konsultacje 4. Praca własna studenta-przygotowanie do ćwiczeń

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02	Odpowiedzi ustne, quizy
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02	Egzamin
P=0,5*F1+0,5*F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] M. Puterman, Markov decision processes, Wiley 1994.            [2] N. Stockey, R. Lucas, E. Prescott, Recursive methods in economic dynamics, Harvard University Press, 1989.            [3] A. Haurie, J.B. Krawczyk, G. Zaccour. Games and Dynamic Games. World Scientific, 2012.</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[4] H. Tijms, A first course in stochastic models, Wiley 2003.            [5] B. Jovanovic and R. W. Rosenthal. Anonymous sequential games. Journal of Mathematical Economics, 17:77–87, 1988.            [6] O. Gueant, J-M. Lasry, P-L. Lions, Mean field games and applications. W R. Carmona et al., editor, Paris Princeton Lectures in Mathematical Finance IV, Lecture Notes in Mathematics v.2003. Springer Verlag, 2010.</p>
<p><b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b></p> <p>Dr hab. inż. Anna Jaskiewicz (<i>Anna.Jaskiewicz@pwr.edu.pl</i>)            Dr Piotr Więcek (<i>Piotr.Wiecek@pwr.edu.pl</i>)</p>



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: MODELOWANIE AGENTOWE UKŁADÓW ZŁOŻONYCH**

**Nazwa w języku angielskim: AGENT-BASED MODELLING OF COMPLEX SYSTEMS**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy /-wybieralny /-ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować zaawansowane techniki obliczeniowe wspomagające pracę matematyka.
2. Student opanował podstawy programowania.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Zastosowanie metod modelowania agentowego do analizy zjawisk w układach złożonych (głównie społecznych i biologicznych)

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U1 potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania

PEU\_K02 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do modelowania agentowego	2
Wy2	Wstęp do modelowania agentowego	2
Wy3	Tworzenie prostych modeli agentowych	2
Wy4	Tworzenie prostych modeli agentowych	2
Wy5	Badanie i rozbudowywanie modeli agentowych	2
Wy6	Badanie i rozbudowywanie modeli agentowych	2
Wy7	Badanie i rozbudowywanie modeli agentowych	2
Wy8	Badanie i rozbudowywanie modeli agentowych	2
Wy9	Elementy modelu agentowego	2
Wy10	Elementy modelu agentowego	2
Wy11	Analiza symulacji agentowych	2
Wy12	Analiza symulacji agentowych	2
Wy13	Weryfikacja i walidacja modeli agentowych	2
Wy14	Obliczeniowe podstawy modeli agentowych	2
Wy15	Przegląd ciekawych modeli układów biologicznych i społecznych	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zapoznanie się z modułami Pythona wspierającymi modelowanie agentowe.	2
La2	Praktyczny wstęp do Netlogo.	2
La3	Tworzenie prostych modeli agentowych (mrówka Langtona, gra w życie, bohaterowie i tchórze)	4
La4	Analiza istniejących modeli agentowych (model pożaru, model segregacji, model El Farol)	8

La5	Model epidemii SI – implementacja i analiza	4
La6	Model epidemii SIR – implementacja i analiza	2
La7	Modele wyborcy i q-wyborcy – implementacja i analiza	8
	Suma godzin	30

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje</li> <li>2. Laboratorium problemowe – z zastosowaniem komputera</li> <li>3. Konsultacje</li> <li>4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium</li> </ol>

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	odpowiedzi ustne (prezentacje wyników z poszczególnych list)
P=0.5*F1+0.5*F2		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] Uri Wilensky, William Rand, “An Introduction to Agent-Based Modeling”</p> <p>[2] Steven F. Railsback, Volker Grimm, “Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction”</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] Robert Siegfried, „Modeling and Simulation of Complex Systems: A Framework for Efficient Agent-Based Modeling and Simulation”</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
Dr hab. inż. Janusz Szwański, prof. uczelni (janusz.szwabinski@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: ANALIZA NIEUPORZĄDKOWANYCH ZBIORÓW DANYCH**

**Nazwa w języku angielskim: ANALYSIS OF UNSTRUCTURED DATA**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90			60	
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3			2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5			1,5	

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student opanował podstawy programowania.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Umiejętność wyszukiwania, wydobywania, przechowywania i komputerowej analizy danych nieuporządkowanych (teksty, blogi, strony www, wpisy na portalach społecznościowych)

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W12 potrafi wykorzystać język programowania Python z odpowiednimi modułami do analizy danych

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U12 potrafi przeprowadzić analizę statystyczną danych nieuporządkowanych przy użyciu Pythona

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K06 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

PEU\_K02 potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Analiza danych w Pythonie – moduł PANDAS	8
Wy2	Pozyskiwanie i zapisywanie danych	6
Wy3	Wizualizacja danych	2
Wy4	„Czyszczenie” danych	2
Wy5	Analiza języka naturalnego z wykorzystaniem modułu NLTK	4
Wy6	Analiza wydźwięku tekstów	2
Wy7	Klasyfikacja dokumentów	4
Wy8	Duże wolumeny danych	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - Projekt		Liczba godzin
Pr1	Przygotowanie i prezentacja projektów związanych z tematyką wykładu	30
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje
2. Prezentacje cząstkowe i prezentacja końcowa projektów przez studentów
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – praca nad projektem

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W12 PEU_U12	zaliczenie wykładu - kolokwia

F2	PEU_U12 PEU_K06 PEU_K02	prezentacje cząstkowe projektu, prezentacja końcowa projektu
P=0.5*F1+0.5*F2		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] S. Bird, E. Klein i E. Loper, „Natural Language Processing with Python”</p> <p>[2] I. H. Witten &amp; E. Frank, „Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques”</p> <p>[3] W. McKinney, „Python for Data Analysis”</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] P. Giudici, „Applied Data Mining”</p> <p>[2] T. Segaran, „Programming Collective Intelligence”</p> <p>[3] I. Idris, „Python Data Analysis”</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
JANUSZ SZWABIŃSKI



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Analiza Funkcjonalna i jej zastosowania**

**Nazwa w języku angielskim: Applied Functional analysis**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i twierdzenia analizy matematycznej
2. Zna i potrafi korzystać z pojęć i metod algebry liniowej

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć z topologii, elementów optymalizacji i analizy funkcjonalnej oraz ich zastosowanie w rozwiązywaniu prostych zagadnień odwrotnych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenie i hipotezy z analizy funkcjonalnej, topologii

PEU\_W02 zna podstawowe metody optymalizacji

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 posługuje się językiem oraz metodami analizy funkcjonalnej w zagadnieniach analizy matematycznej i jej zastosowaniach

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do stosowalnej analizy funkcjonalnej – problemy z rzeczywistego świata modelowane za pomocą równań operatorowych.	4
Wy2	Elementy topologii i przestrzenie liniowe	2
Wy3	Liniowe przestrzenie unormowane	2
Wy4	Przestrzenie Hilberta	2
Wy5	Operatory liniowe	4
Wy6	Elementy teorii spektralnej	4
Wy7	Podstawy optymalizacji	4
Wy8	Rola analizy funkcjonalnej w rozwiązywaniu problemów odwrotnych	4
Wy9	Elementy analizy funkcjonalnej w metodach numerycznych	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zastosowanie metod prezentowanych na wykładzie do problemów z rzeczywistego świata, z wykorzystaniem obliczeń komputerowych	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład – metoda tradycyjna
2. Laboratorium problemowe z wykorzystaniem komputerów
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU-K01	odpowiedzi ustne, ćwiczenia obliczeniowe, kolokwia, projekty, sprawozdania
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] E. Zeidler, Applied Functional Analysis, Springer-Verlag 1995
- [2] Ch.W. Groetsch, Inverse Problems in the Mathematical Science, Vieweg-Verlag 1993

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] L. Debnath, P. Mikusiński, Introduction to Hilbert Spaces with Applications, Academic Press 2005

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

**Dr hab. inż. Łukasz Płociniczak** (lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl)

\*\* - z tabeli powyżej

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa przedmiotu w języku polskim:** Finanse Obliczeniowe  
**Nazwa przedmiotu w języku angielskim:** Computational Finance  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** APPLIED MATHEMATICS  
**Specjalność (jeśli dotyczy):** FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS,  
 DATA ENGINEERING  
**Poziom i forma studiów:** I/ II stopień / ~~jednolite studia magisterskie\*~~, stacjonarna /  
~~niestacjonarna\*~~  
**Rodzaj przedmiotu:** ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~  
**Kod przedmiotu**  
**Grupa kursów** TAK / ~~NIE\*~~

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*	Egzamin / zaliczenie na ocenę*
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	<b>3</b>		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Student zna i potrafi stosować podstawowe metody z zakresu matematyki finansowej.
2. Student zna podstawy programowania komputerów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie pojęć i opanowanie wiedzy dotyczącej algorytmów i metod finansów obliczeniowych  
 C2 Nabycie umiejętności implementacji wybranych modeli i metod

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe modele matematyczne i techniki obliczeniowe stosowane w finansach

PEU\_W02 ma pogłębioną wiedzę z zakresu implementacji numerycznej wybranych metod wyceny instrumentów pochodnych

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi zaimplementować i wykorzystać w praktyce metody obliczeniowe stosowane w finansach

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze naukowej

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykłady		Liczba godzin
Wy1	Instrumenty pochodne: kontrakty forward, futures, wymiany i opcje. Konstrukcja portfeli i wycena	2
Wy2-3	Metoda równań różniczkowych cząstkowych. Wycena w modelu Blacka-Scholesa.	4
Wyk4-5	Analiza wrażliwości. Strategia delta-neutralna i delta-gamma-neutralna.	4
Wyk6	Modelowanie zmienności	2
Wy7-8	Wycena opcji na drzewkach: drzewka CRR, JR i „dokładne”. Strategie zabezpieczające na drzewkach. Drzewka trójmianowe.	4
Wy9-10	Wycena opcji zależnych od trajektorii na drzewkach.	4
Wy11-12	Schematy różnicowe: jawny, ukryty, Cranka-Nicolsona.	4
Wy13-14	Metoda Monte Carlo w finansach. Schematy Eulera i Milsteina, redukcja wariancji.	4
Wy15	Wycena opcji amerykańskich metodą MC.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La 1-15	Implementacja numeryczna (Matlab, R, Excel/VB, C++, Java lub/i Python) algorytmów i metod omawianych na wykładzie	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna  
N2. Laboratoria – metoda tradycyjna

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02	Test zaliczeniowy
F2	PEU_U01	Listy zadań
F3	PEU_K01	Projekt
$P=0.34F1+0.33F2+0.33F3$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

1. P. Wilmott (2000) Paul Wilmott on Quantitative Finance, Wiley
2. J. Hull (2008) Options, Futures and Other Derivatives (7th Edition), Prentice Hall
3. J. London (2005) Modeling Derivatives in C, Wiley
4. A. Weron, R. Weron (1998, ..., 2009) Inżynieria finansowa, WNT.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

5. Z. Bodie, A. Kane, A.J. Marcus (2007) Essentials of Investments (6th ed.), McGraw-Hill
6. M. Capiński, T. Zastawniak (2003) Mathematics for Finance: An Introduction to Financial Engineering, Springer
7. P.Cizek, W.Härdle, R.Weron, eds. (2011) Statistical Tools for Finance and Insurance, Springer
8. J. Franke, W. Härdle, C. Hafner (2005) Introduction to Statistics of Financial Markets, Springer
9. P. Glasserman (2004) Monte Carlo Methods in Financial Engineering, Springer

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

**dr inż. Joanna Janczura** (joanna.janczura@pwr.edu.pl)

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: SYMULACJE KOMPUTEROWE PROCESÓW  
STOCHASTYCZNYCH**

**Nazwa w języku angielskim: Computer simulations of stochastic processes**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING,  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany~~ \***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH  
KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody teorii procesów stochastycznych

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Opanowanie wiedzy z zakresu symulacji komputerowych procesów stochastycznych o własności długiej pamięci i posiadających grube ogony

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie symulacji komputerowych procesów stochastycznych o własności długiej pamięci i posiadających grube ogony

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować algorytmy o dobrych własnościach numerycznych, służące do rozwiązywania typowych i nietypowych problemów matematycznych

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Generowanie rozkładów i wektorów stabilnych	6
Wy2	Symulacja procesów stabilnych poprzez reprezentacje całkowe i szeregowo	6
Wy3	Procesy samopodobne i stacjonarne	6
Wy4	Generowanie procesów z długą pamięcią	6
Wy5	Modele stabilne i o długiej pamięci w fizyce i ekonomii	6
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących metody podane na wykładzie.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1.	Wykład problemowo-informacyjny – metoda tradycyjna, prezentacja multimedialna
2.	Laboratorium komputerowe z użyciem pakietu Matlab
3.	Konsultacje
4.	Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	test
F2	PEU_U01 PEU_K01	projekty, sprawozdania
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] P. Doukhan, G. Oppenheim, M.S. Taqqu, Theory and Applications of Long-range Dependence, Birkhauser, Boston, 2004.
- [2] A. Janicki, A Weron, Simulation and Chaotic Behavior of Stable Stochastic Processes, Marcel Dekker, New York, 1994.
- [3] G. Samorodnitsky, M.S. Taqqu, Stable Non-Gaussian Random Processes, Chapman & Hall, New York, 1994.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J. Beran, Statistics for Long-memory Processes, Chapman & Hall, New York, 1994.
- [2] P. Cizek, W. Haerdle, R. Weron (red.), Statistical tools for finance and insurance, Springer, Berlin, 2011.

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr Krzysztof Burnecki** (Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl)  
**Dr hab. Marcin Magdziarz** (Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl)



WYDZIAŁ W13

**KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa przedmiotu w języku polskim: Pozyskiwanie wiedzy**

**Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Data mining**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Applied Mathematics**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Data engineering**

**Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna /**

**Rodzaj przedmiotu: wybieralny**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Rachunek prawdopodobieństwa
2. Statystyka
3. Programowanie

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Wiedza z zakresu podstaw pozyskiwania danych
- C2 Wiedza z zakresu klasycznych i nowoczesnych metod klasyfikacji, redukcji wymiarowości i analizy skupień
- C3 Wiedza z zakresu procedur weryfikujących skuteczność algorytmów klasyfikacji
- C4 Umiejętność wykorzystania zdobytej wiedzy w rozwiązywaniu problemów z różnych dziedzin

**PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ**

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 posiada wiedzę z zakresu rozwiązywania zadań dotyczących pozyskiwania wiedzy

PEU\_W02 zna podstawowe metody/algorytmy klasyfikacji, redukcji wymiarowości, analizy skupień, i zna własności tych metod

PEU\_W03 zna procedury wykorzystywane w ocenie skuteczności metod klasyfikacji

Z zakresu umiejętności:

PE\_U01 potrafi odpowiednio dobierać metody umożliwiające realizację określonego zadania eksploracji danych,

PEU\_U02 potrafi stosować metody/algorytmy uczenia nadzorowanego i uczenia bez nadzoru,

PEU\_U03 potrafi weryfikować efektywność stosowanych metod.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu,

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

**TREŚCI PROGRAMOWE**

<b>Forma zajęć - wykład</b>		<b>Liczba godzin</b>
Wy1	Wprowadzenie do problematyki pozyskiwania wiedzy/data mining	2
Wy2	Przygotowanie danych do analiz data mining	4
Wy3	Metody redukcji wymiaru: metoda składowych głównych (PCA), skalowanie wielowymiarowe (MDS)	4
Wy4	Metody klasyfikacji danych: metoda k-sąsiadów (k-nn), drzewa klasyfikacyjne, naiwny klasyfikator bayesowski, analiza dyskryminacyjna, regresja logistyczna	6
Wy5	Analiza skupień - metody grupujące i hierarchiczne	4
Wy6	Ocena jakości klasyfikacji i analizy skupień	2
Wy7	Maszyny wektorów podpierających (SVM)	2
Wy8	Rodziny klasyfikatorów: bagging, boosting, random forest	2
Wy9	Odkrywanie reguł asocjacyjnych	2
Wy10	Test końcowy	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Lab 1	Wprowadzenie do środowiska R,	2
Lab 2	Elementy programowania, import/eksport danych w R	2

Lab 3	Metody analizy opisowej i wizualizacji danych wielowymiarowych	2
Lab 4	Przygotowanie danych do data miningu	2
Lab 5	Metody redukcji wymiaru (PCA, MDS)	3
Lab 6	Metody klasyfikacji danych k-nn i drzewa klasyfikacyjne	2
Lab 7	Analiza dyskryminacyjna i regresja logistyczna	3
Lab 8	Analiza skupień (k-means, PAM).	2
Lab 9	Analiza skupień (AGNES, DIANA, MONA).	2
Lab 10	Ocena skuteczności metod klasyfikacji	3
Lab 11	Maszyny wektorów podpierających (SVM).	2
Lab 12	Rodziny klasyfikatorów: bagging, boosting, random forest	3
Lab13	Analiza reguł asocjacyjnych	2
	Razem	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna,
2. Zajęcia laboratoryjne w pracowni komputerowej.
3. Konsultacje,
4. Praca własna studenta – przygotowanie do zajęć laboratoryjnych.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_U01,PEU_U02, PEU_U03,PEU_K01, PEU_K02,	Odpowiedzi ustne, raporty z zadań laboratoryjnych, projekty
F2	PEU_W01,PEU_W02, PEU_W03,PEU_K01, PEU_K02,	Kolokwium zaliczeniowe na wykładzie.
P = 60%F1 + 40%F2		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] P.-N. Tan, M. Steinbach, V. Kumar, Introduction to Data Mining, Addison-Wesley, 2006.
- [2] G. James, D. Witten, T. Hastie, R. Tibshirani, An Introduction to Statistical Learning with Applications in R, Springer, 2017.
- [3] T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer, 2017.
- [4] D.T. Larose, Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining, Wiley, 2005.
- [5] D.T. Larose, Data Mining Methods and Models, Wiley, 2006.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] Ch. M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Springer, 2006.
  
- [2] W.N. Venables, B.D. Ripley, Modern Applied Statistics With S, Springer, 2001.
  
- [3] R.A. Johnson, D.W. Wichern, Applied multivariate statistical analysis, Pearson Prentice Hall, 2002.

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

dr inż. Adam Zagdański (Adam.Zagdanski@pwr.edu.pl)

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: DYFUZJA NA SIECIACH ZŁOŻONYCH**

**Nazwa w języku angielskim: DIFFUSION PROCESSES ON COMPLEX NETWORKS**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Data Engineering**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student opanował podstawy programowania.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Opanowanie wiedzy z zakresu symulacji komputerowych procesów dyfuzyjnych na sieciach złożonych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W04 ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki teoretycznej lub stosowanej  
PEU\_W09 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U18 potrafi stosować procesy stochastyczne jako narzędzie do modelowania zjawisk i analizy ich ewolucji

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K02 potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania

PEU\_K06 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wstęp do sieci złożonych	10
Wy2	Dyfuzja i błędzenie losowe	2
Wy3	Rozprzestrzenianie się epidemii w sieciach społecznych	6
Wy4	Rozprzestrzenianie się informacji	2
Wy5	Procesy formowania opinii	4
Wy6	Dyfuzja innowacji	6
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań programistycznych ilustrujących treści podane na wykładzie	30
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje
2. Laboratorium problemowe – z użyciem Pythona i jego modułów naukowych
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W04 PEU_W09	kolokwia
F2	PEU_U18	prezentacje wyników z poszczególnych list

	PEU_K02 PEU_K06	
P=0.5*F1+0.5*F2		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>	
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] Alain Barrat, Marc Barthelemy, Alessandro Vespignani, “Dynamical Processes on Complex Networks”</p> <p>[2] Romualdo Pastor-Satorras, Claudio Castellano, Piet Van Mieghem, Alessandro Vespignani, “Epidemic processes in complex networks”, <i>Reviews of Modern Physics</i> 87 (2015) 925-979</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] David Easley, Jon Kleinberg, „Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World”</p>	
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>	



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: SEMINARIUM DYPLOMOWE**

**Nazwa w języku angielskim: Diploma Seminar**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE;  
DATA ENGINEERING;  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów ~~TAK~~ / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					60
Forma zaliczenia					Zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					5
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					4
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					3

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student ma zaawansowaną wiedzę i umiejętności z zakresu analizy matematycznej, analizy funkcjonalnej i teorii równań różniczkowych
2. Ma pogłębioną wiedzę i umiejętności z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej i teorii procesów stochastycznych

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach matematyki.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe modele i metody używane w różnych zastosowaniach matematyki

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować podstawowe modele matematyczne, wykorzystywane różnych dziedzinach

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej (także w językach obcych), w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

Forma zajęć - seminarium		Liczba godzin
Se1	Prezentacje wyników przygotowywanych rozpraw magisterskich uczestników seminarium	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Seminarium problemowe, prezentacja, wykład problemowy, wykład informacyjny
2. Praca własna studenta – przygotowanie do seminarium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_U01 PEU_K01	ocena prezentacji, wykładu informacyjnego bądź problemowego przygotowanego przez studenta
P=F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

Prof. dr hab. Marcin Magdziarz (marcin.magdziarz @pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: PRACA DYPLOMOWA**

**Nazwa w języku angielskim: Diploma thesis**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE;  
DATA ENGINEERING;  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna~~\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / ~~wybieralny~~ / ~~ogólnouczelniany~~\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów ~~TAK~~ / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)					30
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)					690
Forma zaliczenia					Zaliczenie na ocenę
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)					
Liczba punktów ECTS					23
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					22
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					8

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student ma zaawansowaną wiedzę i umiejętności z zakresu analizy matematycznej, analizy funkcjonalnej i teorii równań różniczkowych
2. Ma pogłębioną wiedzę i umiejętności z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej i teorii procesów stochastycznych

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie nowych osiągnięć i metod używanych w różnych zastosowaniach matematyki.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe modele i metody używane w różnych zastosowaniach matematyki

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować podstawowe modele matematyczne, wykorzystywane różnych dziedzinach

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej (także w językach obcych), w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Praca własna studenta – wyszukiwanie informacji, pisanie pracy, analiza danych rzeczywistych
2. Konsultacje

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_U01 PEU_K01	ocena pracy własnej studenta, ocena pracy dyplomowej
P=F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

**Prof. dr hab. Aleksander Weron** (Aleksander.Weron@pwr.edu.pl)

**Dr hab. Jan Goncerzewicz** (Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl)

**Prof. dr hab. Krzysztof Szajowski** (Krzysztof.Szajowski@pwr.edu.pl)

**Dr hab. Agnieszka Jurlewicz, prof. nadzw. PWr.** (Agnieszka.Jurlewicz@pwr.edu.pl)

**Dr hab. Marcin Magdziarz, prof. nadzw. PWr.** (Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl)

**Dr hab. Agnieszka Wylomańska, prof. nadzw. PWr.**

(Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl)

**Dr Monika Muszkieta** (Monika.Muszkieta@pwr.edu.pl)

**Dr hab. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw. PWr.** (Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl)

**Dr Joanna Janczura** (Joanna.Janczura@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: MATEMATYKA FINANSOWA**

**Nazwa w języku angielskim: Economathematics**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / ~~wybieralny~~ / ~~ogólnouczelniany~~\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE~~\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student posiada elementarną wiedzę na temat rynków finansowych i dyskretnych modeli matematyki finansowej

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie i opanowanie najważniejszych pojęć i metod z zakresu matematyki finansowej

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z matematyki finansowej

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w matematyce finansowej

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Model Blacka-Scholesa i wycena instrumentów pochodnych akcji (opcje call i put)	4
Wy2	Podstawy rachunku stochastycznego i jego zastosowania do wyceny aktywów i zobowiązań oraz konstrukcji strategii zabezpieczających	4
Wy3	Formuła Feynmana-Kaca i wzór Blacka-Scholesa	2
Wy4	Model Bacheliera	2
Wy5	Pojęcia i własności scenariuszy rzeczywistych i neutralnych względem ryzyka, pojęcie deflatora i jego zastosowania	2
Wy6	Modelowanie struktury terminowej	2
Wy6	Model Vasicka, model Coxa-Ingersona-Rossa, model HJM, model LIBOR	4
Wy8	Kalibracja instrumentów stopy procentowej	2
Wy9	Wycena instrumentów dłużnych i pochodnych stopy procentowej (obligacje, cap/floor, caplet/floorlet i swapcje)	2
Wy10	Subdyfuzyjne modele Blacka-Scholesa i Bacheliera	2
Wy11	Ułamkowy ruch Browna w finansach	2
Wy12	Model Gerbera-Shiu, transformata Esschera	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Ilustracja modeli. Metody analityczne i komputerowe. Przykłady wyceny instrumentów pochodnych.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.
2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe.
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

[1] A. Weron, R. Weron (1998) Inżynieria finansowa, WNT

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

[1] A. Jakubowski, A. Palczewski, M. Rutkowski, Ł. Stettner (2003) Matematyka finansowa, WNT.

[2] M. Musiela, M. Rutkowski (1997) Martingale methods in financial modelling, Springer.

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

**Dr hab. Marcin Magdziarz** (Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: TEORIA ESTYMACJI**

**Nazwa w języku angielskim: Estimation theory**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy- / wybieralny /-ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK /NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student umie korzystać z pakietów statystycznych
2. Ma podstawową wiedzę ze statystyki matematycznej.
3. Ma podstawową wiedzę z analizy matematycznej i analizy funkcjonalnej.
4. Posiada podstawowe umiejętności programistyczne.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie statystycznych kryteriów oceny jakości estymacji statystycznej.
- C2 Poznanie podstawowych metod estymacji parametrycznej i ich własności.
- C3 Poznanie podstawowych metod estymacji nieparametrycznej i ich własności.
- C4 Umiejętność zaprogramowania zaawansowanych metod statystycznych.
- C5 Umiejętność przeprowadzenia badań symulacyjnych.
- C6 Umiejętność oceny własności metod statystycznych w oparciu o badania symulacyjne.

C7 Opanowanie słownictwa angielskiego w zakresie metod estymacji .  
 C8 Umiejętności napisania raportu w języku angielskim.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe metody estymacji parametrycznej.

PEU\_W02 zna podstawowe metody estymacji nieparametrycznej.

PEU\_W03 zna podstawowe kryteria oceny jakości estymacji.

PEU\_W04 zna teoretyczne podstawy symulacji statystycznych.

PEU\_W05 zna język angielski w zakresie umożliwiającym tworzenie raportów z badań symulacyjnych.

PEU\_W06 zna języki programowania umożliwiające przeprowadzenie badań symulacyjnych.

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi zastosować zaawansowane metody statystyczne do analizy rzeczywistych danych.

PEU\_U02 potrafi wykorzystać języki programowania wysokiego rzędu do zaprogramowania złożonych metod statystycznych i przeprowadzenia badań symulacyjnych.

PEU\_U03 potrafi ocenić własności metod statystycznych w oparciu o badania symulacyjne.

PEU\_U04 potrafi opracować raport w języku angielskim podsumowujący wyniki badań symulacyjnych.

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

PEU\_K02 rozumie potrzebę systematycznej pracy w celu pogłębiania wiedzy

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia teorii estymacji: obciążenie, wariancja, błąd średniokwadratowy, macierz informacji Fischera, efektywność, asymptotyczna normalność	2
Wy2	Podstawy teoretyczne metod symulacyjnych i replikacyjnych	2
Wy3	Estymacja obciążenia i wariancji – bootstrap, jackknife, metoda delta	2
Wy4	Konstrukcja przedziałów ufności – przedziały klasyczne i bootstrapowe	2
Wy5	Nieparametryczna estymacja gęstości – histogram i jego własności	2
Wy6	Nieparametryczna estymacja gęstości – estymator jądrowy i jego własności	2
Wy7	Wybór szerokości pasma w estymatorze jądrowym	2
Wy8	Modyfikacje estymatora jądrowego – zmienna szerokość pasma, jądra wyższego rzędu	2
Wy9	Estymacja gęstości przez rozwinięcia ortogonalne	2
Wy10	Estymacja gęstości – lokalna funkcja wiarygodności i metoda największej wiarygodności z wygładzaniem	2

Wy11	Nieparametryczna estymacja funkcji regresji – estymacja jądrowa	2
Wy12	Wybór szerokości pasma i modyfikacje jądrowego estymatora funkcji regresji.	2
Wy13	Estymacja funkcji hazardu – metody parametryczne i nieparametryczne.	2
Wy14	Empiryczne metody Bayesowskie – estymator Steina	2
Wy15	Kolokwium	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Estymacja parametryczna – metoda największej wiarygodności. Obciążenie, wariancja, błąd średnio kwadratowy – estymacja za pomocą symulacji komputerowych.	4
La2	Estymacja obciążenia, wariancji i konstrukcja przedziałów ufności z wykorzystaniem metody podstawienia oraz metod replikacyjnych (bootstrap, jackknife). Oszacowanie jakości estymatorów w oparciu o badania symulacyjne.	4
La3	Estymacja kilku parametrów - asymptotyczna macierz kowariancji, estymacja macierzy kowariancji za pomocą metody podstawienia i metod replikacyjnych. Oszacowanie jakości estymatorów w oparciu o badania symulacyjne.	4
La4	Nieparametryczna estymacja gęstości – histogram, metoda najbliższego sąsiada, estymator jądrowy, rozwinięcia ortogonalne. Wybór parametru wygładzającego. Ocena jakości w oparciu o badania symulacyjne.	6
La5	Nieparametryczna estymacja funkcji regresji. Estymatory: jądrowy, lokalny wielomianowy, najbliższego sąsiada, przez wygładzone funkcje sklepane. Konstrukcja przedziałów i pasm ufności za pomocą metody bootstrap. Wybór parametru wygładzającego. Ocena jakości w oparciu o badania symulacyjne.	6
La6	Estymacja funkcji przeżycia i funkcji hazardu metodami parametrycznymi i nieparametrycznymi. Konstrukcja przedziałów ufności przez aproksymację rozkładem normalnym i metodą bootstrap. Ocena jakości w oparciu o badania symulacyjne.	4
La7	Empiryczne metody Bayesowskie. Ocena jakości za pomocą badań symulacyjnych.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wykład problemowy – prezentacja komputerowa i metoda tradycyjna</li> <li>2. Laboratoria komputerowe – samodzielne opracowanie programów do symulacji, raporty z analiz</li> <li>3. Konsultacje</li> <li>4. Praca własna studenta - przygotowanie do laboratorium</li> </ol>

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	Wszystkie przedmiotowe efekty kształcenia	sprawozdania i aktywność na laboratorium.
F2	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_W04 PEU_W05	kolokwium
$P=0,75 \cdot F1 + 0,25 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] L. Devroye, A Course in Density Estimation
- [2] B. Efron, R. Tibshirani, Introduction to the Bootstrap
- [3] B. Silverman, Density Estimation for Statistics and Data Analysis.
- [4] W. Härdle, Smoothing Techniques with implementation in S
- [5] A.W.Bowman and A. Azzalini, Applied Smoothing Techniques for Data Analysis, The kernel approach with S-Plus Illustrations
- [6] P.J. Green and B.W.Silverman, Nonparametric regression and Generalized Linear Models

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr hab. Małgorzata Bogdan** (Malgorzata.Bogdan@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: ZARZĄDZANIE RYZYKIEM FINANSOWYM**

**Nazwa w języku angielskim: Financial Risk Management**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~/ wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student posiada elementarną wiedzę na temat rynków finansowych i podstawowych (dyskretnych i ciągłych) modeli matematyki finansowej

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie i opanowanie najważniejszych pojęć i produktów w inżynierii finansowej

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze metody i produkty z inżynierii finansowej

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego i numerycznego w inżynierii finansowej

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w inżynierii finansowej

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wycena martyngałowa instrumentów pochodnych – przegląd	2
Wy2	Parametry greckie, strategie delta/gamma hedging	2
Wy3	Zmienność cen akcji	2
Wy4	Opcje egzotyczne – przegląd	4
Wy5	Stochastyczne sterowanie	2
Wy6	Miary ryzyka i ryzyko finansowe	2
Wy7	Wycena portfela	2
Wy8	Konstrukcja optymalnego portfela, miary efektywności portfela inwestycyjnego	2
Wy9	Ocena niewypłacalności, zarządzanie aktywami i pasywami i strategie zabezpieczające, immunizacja	2
Wy10	Zarządzanie ryzykiem kredytowym	4
Wy11	Zarządzanie ryzykiem operacyjnym	2
Wy12	Zmienność ryzyka w czasie	2
Wy13	Testowanie	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Ilustracja modeli. Metody analityczne i komputerowe. Przykłady wyceny instrumentów pochodnych, analiza miar ryzyka, testy.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.
2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe.
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	Egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] A. Weron, R. Weron (1998) Inżynieria finansowa, WNT
- [2] P. Jorion (2003) Financial risk manager handbook, Wiley.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [3] P. Willmott (2006) On Quantitative Finance, Wiley.
- [4] A. J. McNeil R. Frey, P. Embrechts (2015) Quantitative Risk Management Concepts, Techniques and Tools, Princeton University Press.

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

**Prof. dr hab. Zbigniew Palmowski** (Zbigniew.Palmowski@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Zagadnienia ze swobodnym brzegiem**

**Nazwa w języku angielskim: Free boundary problems**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student ma podstawową wiedzę i umiejętności z zakresu równań różniczkowych zwyczajnych i równań różniczkowych cząstkowych.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie modeli matematycznych zjawisk występujących w nauce i technice, prowadzących do zagadnień ze swobodnym brzegiem.
- C2 Poznanie podstawowych metod analitycznych stosowanych w badaniu zagadnień ze swobodnym brzegiem.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe modele matematyczne związane z zagadnieniami ze swobodnym brzegiem.

PEU\_W02 zna podstawowe metody analityczne stosowane w badaniu zagadnień ze swobodnym brzegiem

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne prowadzące do zagadnień ze swobodnym brzegiem

PEU\_U02 potrafi badać zagadnienia ze swobodnym brzegiem

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przypomnienie podstawowych faktów teorii eliptycznych i parabolicznych równań różniczkowych cząstkowych.	2
Wy2	Zagadnienie Stefana, pojęcie brzegu swobodnego. Zagadnienie odwrotne Stefana.	2
Wy3	Zagadnienia z brzegiem swobodnym w procesach topnienia i zamarzania. Modelowanie zagadnień związanych z przejściem fazowym.	4
Wy3	Modelowanie przepływów w ośrodkach porowatych: równanie Boussinesqa, równanie ośrodków porowatych.	2
Wy4	Rozwiązania samopodobne równania ośrodków porowatych.	2
Wy5	Brzeg swobodny w rozwiązaniach równania ośrodków porowatych, skończona szybkość rozchodzenia się zaburzeń. Własność retencji i penetracji. Asymptotyka w dużym przedziale czasowym.	2
Wy6	Brzeg swobodny w równaniach reakcji – dyfuzji – konwekcji.	4
Wy7	Dyfuzja w ciałach stałych. Zagadnienia ze swobodnym brzegiem.	2
Wy8	Modelowanie przepływów w ośrodkach ulegających deformacji, penetracja zanieczyszczeń.	4
Wy9	Zagadnienia ze swobodnym brzegiem w przetwarzaniu obrazów cyfrowych.	2
Wy10	Zagadnienia ze swobodnym brzegiem w matematyce finansowej.	2
Wy11	Stacjonarne zagadnienia ze swobodnym brzegiem: zagadnienie tamy, zagadnienie z przeszkodą w rachunku wariacyjnym.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw.1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie	30
	Suma godzin	<b>30</b>

STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE
1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna 2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe. 3. Konsultacje 4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	prezentacja przydzielonego problemu
F2	PEU_U01 PEU_U02 PEU_K01 PEU_K02	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
P=0.5*F1+0.5*F2		

LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA
<p><b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b></p> <p>[1] R. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J.H.M. ten Thije Boonkkamp, Partial Differential Equations, Modeling, Analysis, Computation, SIAM, Philadelphia 2005</p> <p>[2] J. Ockendon, S. Howison, A. Lacey &amp; A. Movchan, Applied Partial Differential Equations, Oxford University Press, Oxford 1999.</p> <p>[3] A. Fasano, Parabolic Free Boundary Problems in Industrial and Biological Applications, SIMAI e-Lecture Notes, Volume 9, 2011</p> <p><b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b></p> <p>[1] V. Alexiades, A.D. Solomon, Mathematical Modeling of Melting and Freezing Processes, Hemisphere – Taylor &amp; Francis, Washington, DC, USA, 1983</p> <p>[2] J.L. Vazquez, The Porous Media Equation, Mathematical Theory, Clarendon Press, Oxford 2007</p> <p>[3] A.Friedman, Variational Principles and Free Boundary Problems, John Wiley and Sons, Inc. 1982</p>
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>

**Dr hab. Jan Goncerzewicz** (Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: MODELE UBEZPIECZENIOWE W PRZEMYSŁE**

**Nazwa w języku angielskim: Insurance models for industry**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody teorii procesów stochastycznych
2. Ma podstawową znajomość pakietu Matlab

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu ubezpieczeń przemysłowych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody matematyki aktuarialnej w zakresie ubezpieczeń przemysłowych

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w matematyce aktuarialnej w zakresie ubezpieczeń przemysłowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Rodzaje ubezpieczeń przemysłowych. System Wypłacalność II w Dziale II ubezpieczeń.	2
Wy2	Zasady ustalania składek ubezpieczeniowych, miary ryzyka	2
Wy3	Franszyzy i ich rodzaje. Wycena składki netto przy założeniu franszyzy.	2
Wy4	Model ryzyka indywidualnego.	2
Wy5	Aproksymacja modelu indywidualnego.	2
Wy6	Model ryzyka kolektywnego. Rozkłady częstości i wysokości szkód. Parametry i rozkład zagregowanej wypłaty.	2
Wy7	Złożony rozkład Poissona. Twierdzenie o łączeniu ryzyk i jego zastosowania.	2
Wy8	Klasa rozkładów (a,b). Wzory rekurencyjne. Mieszane rozkłady Poissona.	2
Wy9	Proces ryzyka. Współczynnik dopasowania. Twierdzenia o prawdopodobieństwie ruiny.	4
Wy10	Rozkład maksymalnej zagregowanej wypłaty a prawdopodobieństwo ruiny. Wzór Pollaczka-Chinczyna.	3
Wy11	Aproksymacje prawdopodobieństwa ruiny w skończonym i nieskończonym czasie.	2
Wy12	System Bonus-Malus	2
Wy13	Teoria zaufania	3
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Laboratorium ilustrujące zagadnienia z wykładów	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2. Laboratorium komputerowe z użyciem pakietu MATLAB
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni, Actuarial Mathematics, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.
- [2] P. Cizek, W. Haerdle, R. Weron (red.), Statistical tools for finance and insurance, Springer, Berlin, 2011.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] E. Banks, Alternative risk transfer, Wiley, 2003.
- [2] S. A. Klugman, H. H. Panjer, G. E. Willmot, Loss Models: From Data to Decisions, Wiley, 2012.
- [3] H. H. Panjer, G. E. Willmot, Insurance risk models, Society of Actuaries, 1992.

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

**Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw. ([Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl](mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl))**

**Dr hab. inż. Agnieszka Wylomańska, prof. nadzw. ([Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl](mailto:Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl))**

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: WSTĘP DO STOSOWANEJ DYNAMIKI CIECZY**  
**Nazwa w języku angielskim: INTRODUCTION TO APPLIED FLUID DYNAMICS**  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**  
**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**  
**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***  
**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***  
**Kod przedmiotu**  
**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90			60	
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3			2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5			1,5	

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i twierdzenia rzeczywistej i zespolonej analizy matematycznej
2. Zna i potrafi stosować elementarne pojęcia i metody z zakresu równań różniczkowych zwyczajnych

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Zastosowanie zaawansowanych metod analizy matematycznej w modelowaniu matematycznym zjawisk w dynamice cieczy

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 zna zaawansowane twierdzenia z rzeczywistej i zespolonej analizy matematycznej związane z dynamiką cieczy

PEU\_W02 ma pogłębioną wiedzę w zakresie analizy matematycznej: jest w stanie rozumieć sformułowania zagadnień z dynamiki cieczy pozostających na etapie badań

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne wykorzystywane w dynamice cieczy

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przypomnienie elementów analizy wektorowej	2
Wy2	Przypomnienie elementów analizy wektorowej	2
Wy3	Przypomnienie elementów analizy zespolonej	2
Wy4	Odwzorowania konforemne	2
Wy5	Prawa zachowania	2
Wy6	Równania ruchu dla płynu doskonałego	2
Wy7	Elementarny przepływ lepki	2
Wy8	Fale	2
Wy9	Fale	2
Wy10	Modelowanie fal uderzeniowych	2
Wy11	Klasyczna teoria przekroju skrzydła	2
Wy12	Klasyczna teoria przekroju skrzydła	2
Wy13	Modele nieliniowe w zjawiskach dyfuzji	2
Wy14	Warstwy brzegowe	2
Wy15	Obliczeniowa dynamika cieczy (CFD)	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr 1	Przygotowanie i prezentacja projektów związanych z tematyką wykładu.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje
2. Prezentacje cząstkowe i prezentacja końcowa projektów przez studentów
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – praca nad rozwojem projektu.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU-K01	Prezentacje cząstkowe projektu, prezentacja końcowa projektu
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] B. J. Acheson, Elementary Fluid Dynamics.
- [2] .H.Ockendon, A.B.Tayler, Inviscid Fluid Flows.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J.D. Logan, Applied Mathematics. A Contemporary Approach.
- [2] K. Ericsson, D. Estep, P. Hansbo, C. Johnson, Computational Differential Equations

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr inż. Łukasz Płociniczak (Lukasz.Plociniczak@pwr.edu.pl)**



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: WSTĘP DO ANALIZY DUŻYCH WOLUMENÓW DANYCH**  
**Nazwa w języku angielskim: INTRODUCTION TO BIG DATA ANALYTICS**

**1. Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~/ wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów ~~TAK~~ / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)			4		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	3				

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student opanował podstawy programowania.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Umiejętność wyszukiwania, wydobywania, przechowywania i komputerowej analizy dużych wolumenów danych. Rozumienie ich znaczenia w dzisiejszym społeczeństwie.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W12 potrafi wykorzystać język programowania z odpowiednimi modułami do analizy dużych wolumenów danych.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U12 potrafi przeprowadzić analizę dużych wolumenów danych przy użyciu komputera.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K06 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

PEU\_K02 potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do zagadnień związanych z dużymi wolumenami danych	2
Wy2	Platformy do przetwarzania dużych wolumenów danych	2
Wy3	Ekosystem Hadoop	4
Wy4	Odpytywanie dużych wolumenów danych przy pomocy Hive	4
Wy5	Duże wolumeny danych i algorytmy uczenia maszynowego	4
Wy6	Spark – przetwarzanie dużych wolumenów danych w pamięci	4
Wy7	Duże wolumeny danych i relacje między nimi – algorytmy grafowe	4
Wy8	Wizualizacja dużych wolumenów danych	2
Wyk9	Prezentacje projektów zaliczeniowych	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - Projekt		Liczba godzin
Pr1	Przygotowanie i prezentacja projektów związanych z tematyką wykładu	30
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

2. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje
3. Prezentacje cząstkowe i prezentacja końcowa projektów przez studentów
4. Konsultacje
5. Praca własna studenta – praca nad projektem

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W12	zaliczenie wykładu - kolokwia

	PEU_U12	
F2	PEU_U12 PEU_K06 PEU_K02	prezentacje cząstkowe projektu, prezentacja końcowa projektu
P=0.5*F1+0.5*F2		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Flach, Peter, Machine Learning, Cambridge University Press, 2012
- [2] Holmes, Alex, Hadoop in practice, Manning Publications, 2013
- [3] Provost, Foster, Facett, Tom, Data Science for Business. What you need to know about data mining and data-analytic thinking, O'Reilly, 2013
- [4] Loshin, David, Big Data Analytics. From Strategic Planning to Enterprise Integration with Tools, Techniques, NoSQL, and Graph, Morgan Kaufmann, 2013

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] <http://hadoop.apache.org/>, <http://spark.apache.org/>, <http://storm.apache.org/>,  
<http://kafka.apache.org/>
- [2] deRoos, Dirk, Hadoop for Dummies, For Dummies, 2014

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

--



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Wprowadzenie do teorii oszczędnego próbkowania**

**Nazwa w języku angielskim: Introduction to compressed sensing**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Applied Mathematics**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Data Engineering**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany \***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna podstawowe pojęcia algebry liniowej i optymalizacji.
2. Student zna pakiet MATLAB do obliczeń numerycznych.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Opanowanie podstawowej teorii oszczędnego próbkowania.
- C2 Poznanie podstawowych algorytmów numerycznych rekonstrukcji sygnału używanych w teorii oszczędnego próbkowania.
- C3 Poznanie podstawowych zastosowań teorii oszczędnego próbkowania.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy studenta:

PEU\_W01 zna podstawowe wyniki teorii oszczędnego próbkowania

PEU\_W02 zna podstawowe algorytmy rekonstrukcji danych rzadkich

PEU\_W01 zna podstawowe zastosowania teorii oszczędnego próbkowania

Z zakresu umiejętności studenta:

PEU\_U01 rozumie główne wyniki teorii oszczędnego próbkowania

PEU\_U02 potrafi stosować algorytmy do rekonstrukcji danych rzadkich

PEU\_U03 potrafi wskazać przykłady zastosowań teorii oszczędnego próbkowania

Z zakresu kompetencji społecznych studenta:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej pracy nad materiałem kursu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do teorii próbkowania oszczędnego. Historia, motywacje i przegląd zastosowań.	2
Wy2	Przypomnienie pojęcia przestrzeni wektorowej.	2
Wy3	Rzadkie rozwiązanie układów nieokreślonych.	4
Wy4	Własność jądra.	2
Wy5	Własność ograniczonej izometrii.	4
Wy6	Rekonstrukcja sygnału przy pomocy minimalizacji normy $l_1$	8
Wy7	Algorytmy rekonstrukcji sygnału	4
Wy8	Przykłady zastosowań dla danych jedno- i dwuwymiarowych	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących metody podane na wykładzie, analitycznie i przy użyciu MATLABA do obliczeń numerycznych	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład - metoda tradycyjna wsparta prezentacją multimedialną
2. Laboratorium komputerowe – analityczne rozwiązywanie problemów na tablicy, praca przy komputerze z użyciem pakietu MATLAB
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03 PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02	Aktywność na laboratoriach, prezentacja wyników
F2	PEU_W01, PEU_U01, PEU_K01, PEU_K02	test
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Ch. Hegde, R. Baraniuk, M. A. Davenport, M. F. Duarte , “An Introduction to Compressive Sensing”, 2011.
- [2] H. Boche, R. Calderbank, G. Kutyniok, J. Vybíral, “Compressed Sensing and its Applications”, Birkhaeuser, 2013.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J. A. Tropp, S. J. Wright, “Computational Methods for Sparse Solution of Linear Inverse Problems”, Proc. IEEE, Vol. 98 No. 5, 2010.
- [2] O. Scherzer (Editor) „Handbook of Mathematical Methods in Imaging”, Springer-Verlag, 2010.

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

Dr Monika Muszkietta (monika.muszkietta@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim:** Wprowadzenie do Problemów Odwrotnych  
**Nazwa w języku angielskim:** Introduction to Inverse Problems  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy):** APPLIED MATHEMATICS  
**Specjalność (jeśli dotyczy):** MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE,  
**MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION,**  
**Stopień studiów i forma:** II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna~~\*  
**Rodzaj przedmiotu:** ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany~~ \*  
**Kod przedmiotu**  
**Grupa kursów** TAK / ~~NIE~~\*

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna podstawowe fakty z analizy matematycznej.
2. Student zna pakiet MATLAB do obliczeń matematycznych

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie się z klasycznymi przykładami problemów odwrotnych.  
 C2 Zapoznanie się z teorią i podstawowymi koncepcjami rozwiązywania problemów odwrotnych.  
 C3 Zapoznanie się z metodami numerycznymi do rozwiązywania odwrotnych, źle postawionych problemów.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna definicję problemu dobrze postawionego

PEU\_W02 zna klasyczne przykłady problemów odwrotnych

PEU\_W03 zna podstawowe metody regularyzacji

PEU\_W04 zna metody numeryczne do rozwiązywania problemów odwrotnych

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 rozumie definicję problemu dobrze postawionego

PEU\_U02 potrafi podać przykłady problemów odwrotnych

PEU\_U03 umie zastosować metody numeryczne, w celu rozwiązania problemów odwrotnych

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać niezbędne informacje w literaturze

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej pracy nad materiałem kursu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do problemów odwrotnych. Definicja problemu dobrze postawionego. Przykłady ważnych klas problemów odwrotnych.	2
Wy2	Różniczkowanie danych z szumem	2
Wy3	Tomografia komputerowa. Transformata Radona.	2
Wy4	Problemy odwrotne w przetwarzaniu obrazów.	2
Wy5	Problemy identyfikacji parametrów	2
Wy6	Równania z macierzami źle uwarunkowanymi	2
Wy7	Regularyzacja liniowych problemów źle postawionych	4
Wy8	Regularyzacja Tikhonova	2
Wy9	Regularyzacja maksymalnej entropii	2
Wy10	Regularyzacja wachaniem całkowitym	2
Wy11	Estymacja parametrów regularyzacji	2
Wy12	Regularyzacja iteracyjna	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących metody podane na wykładzie stosując pakiet MATLAB do obliczeń numerycznych	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowo-informacyjny– metoda tradycyjna, prezentacja multimedialna

N2. Laboratorium komputerowe z użyciem pakietu Matlab

N3. Konsultacje

N4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W03, PEU_W04, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02	aktywność na laboratoriach, odpowiedzi ustne.
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_W04, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02,	test
P=0.5*F1+0.5*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] C. W. Groetsch. “Inverse Problems in the Mathematical Sciences”. Vieweg, Braunschweig, 1993.  
[2] C. R. Vogel. „Computational Methods for Inverse Problems”. SIAM, Philadelphia, PA, USA, 2002.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] H. W. Engl, M. Hanke, and A. Neubauer. “Regularization of Inverse Problems”. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1996.  
[2] A. A. Samarskii and P. N. Vabishchevich. “Numerical Methods for Solving Inverse Problems of Mathematical Physics”. Walter de Gruyter, 2007.

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

Dr Monika Muszkieta (monika.muszkieta@pwr.edu.pl)



WYDZIAŁ ...W8... / STUDIUM.....

**KARTA PRZEDMIOTU**

Nazwa w języku polskim *Uczenie maszynowe*

Nazwa w języku angielskim *Machine learning*

Kierunek studiów (jeśli dotyczy): **APPLIED MATHEMATICS**

Specjalność (jeśli dotyczy): **Data Engineering**

Stopień studiów i forma: **II stopień, stacjonarna**

Rodzaj przedmiotu: **wybieralny**

Kod przedmiotu

Grupa kursów **TAK**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Umiejętność programowania
2. Znajomość podstaw logiki

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie studentów z różnymi podejściami i zadaniami uczenia indukcyjnego
- C2 Zapoznanie studentów z uczeniem nadzorowanym i nadzorowanym
- C3 Umiejętność doboru metody do danego zadania
- C4 Rozumienie roli jakości danych w maszynowym uczeniu

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01 Student zna metody uczenia nadzorowanego

PEU\_W02 Student zna metody uczenia nienadzorowanego

PEU\_W03 Student zna rolę danych i sposoby ich przygotowania do zadań indukcyjnego uczenia

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 Student umie dobrać metodę do danego zadania

PEU\_U02 Student potrafi przygotować dane do zadania indukcyjnego uczenia

PEU\_U03 Student potrafi właściwie przeanalizować wyniki indukcyjnego uczenia

...

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01

Student potrafi wspólnie z innymi analizować wyniki uczenia indukcyjnego

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do kursu. Podstawowe pojęcia i rodzaje maszynowego uczenia, przykłady	2
Wy2	Uczenie, testowanie, uogólnianie, wymiar VC	2
Wy3	Uczenie z nauczycielem – Klasyfikacja, Regresja. Miary klasyfikacji. Przestrzeń Wersji	2
Wy4	Klasyfikacja – indukcja zbioru reguł (algorytmy ILA, AQ, i/lub inne)	2
Wy5	Uczenie drzew decyzyjnych, wnioskowanie z drzewa decyzyjnego,	2
Wy6	Metody redukcji wymiarowości danych	2
Wy7	Sieci neuronowe	2
Wy8	Overfitting, Regularization, Validation	2
Wy9	SVM i kernel	2
Wy10	Zespoły klasyfikatorów, Bagging i boosting	2
Wy11	Klasyfikacja wieloklasowa a klasyfikacja wielo-etykietowa, przykład: anotacja obrazów	2
Wy12	Uczenie nienadzorowane – Klasteryzacja. Zespoły klasteryzacji (Clustering Ensembles)	2
Wy13	Data Mining proces – idea, zadania. Wzorce częste. Przykładowy algorytm, np. A-Priori	2
Wy14	Obliczenia ewolucyjne w zadaniach data mining	2
Wy15	Sprawdzian	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Zajęcia wprowadzające, omówienie zadań, warunków zaliczenia.	2
La2	Zapoznanie się z wybranymi środowiskami (Weka, R, Python)	2

La3	Ćwiczenie 1: porównanie wybranych metod klasyfikacji	2
La4	Ćw. 1., kontynuacja	2
La5	Ćw. 1., oddawanie ćwiczenia	2
La6	Ćwiczenie 2: wpływ selekcji atrybutów na jakość klasyfikacji – metody filter i wrapper	2
La7	Ćw. 2., kontynuacja	2
La8	Ćw. 2., oddawanie ćwiczenia	2
La9	Ćwiczenie 3: zespoły klasyfikatorów – wybrane sposoby podejmowania decyzji	2
La10	Ćw. 3., kontynuacja	2
La11	Ćw. 3., oddawanie ćwiczenia	2
La12	Ćwiczenie 4: generowanie reguł związków, analiza właściwości metody	2
La13	Ćw. 4., kontynuacja	2
La14	Ćw. 4., oddawanie ćwiczenia	2
La15	Podsumowanie zajęć, oddawanie zaległych ćwiczeń	2
	Suma godzin	30

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Prezentacje przekazywanej wiedzy z wykorzystaniem projektora  
 N2. Środki audiowizualne w przekazywaniu materiałów demonstracyjnych  
 N3. Wyszukiwanie i studiowanie literatury naukowej w zasobach Biblioteki PWR

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01, PEU_W03,	Sprawdzian
F2	PEU_U01 – PEU_U03, PEU_K02	Oceny za oddawane ćwiczenia laboratoryjne
F3	PEU_W02, PEU_W03	Sprawdzian
F4	PEU_K01	Ocena wyników ćwiczeń, udziału w dyskusji
P1	PEU_W01-W03	ocena z testu – wykład
P2	PEU_U01 – PEU_U03	Ocena wynikająca z sumy zdobytych punktów za poszczególne ćwiczenia
$P=(P1+P2)/2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] "Introduction to Machine Learning". Second Edition. Ethem Alpaydm. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2010.
- [2] „Systemy uczące się”. Cichosz Paweł. WNT, 2009.
- [3] „Mining of Massive Datasets”. Jure Leskovec, Stanford Univ.; Anand Rajaraman, Millway Labs; Jeffrey D. Ullman, Stanford Univ. Copyright c 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 Anand Rajaraman, Jure Leskovec, and Jeffrey D. Ullman

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] "Automating the Design of Data Mining Algorithms. An Evolutionary Computation Approach", Natural Computing Series. Gisele L. Pappa and Alex A. Freitas. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- [2] "Machine Learning", Tom Mitchell, McGraw Hill, 1997.
- [3] "A Course in Machine Learning", Hal Daumé III, Copyright © 2012 Hal Daumé III

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

Prof. dr hab. inż. Halina Kwaśnicka, halina.kwasnicka@pwr.edu.pl



WYDZIAŁ MATEMATYKI

**KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa przedmiotu w języku polskim: MODELE UBEZPIECZEŃ ŻYCIOWYCH**

**Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Life insurance models**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics**

**Poziom i forma studiów: I/ II stopień / jednolite studia magisterskie\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany \***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenia				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

\*niepotrzebne skreślić

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody rachunku prawdopodobieństwa

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu ubezpieczeń życiowych

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody matematyki aktuarialnej w zakresie ubezpieczeń życiowych

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w matematyce aktuarialnej w zakresie ubezpieczeń życiowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia matematyki ubezpieczeń na życie	6
Wy2	Przegląd rodzajów rezerw ubezpieczeniowych.	2
Wy3	Rezerwy netto w ubezpieczeniach na życie.	4
Wy4	Strata ubezpieczyciela (tw. Hattendorffa).	2
Wy5	Zysk techniczny i sposoby jego podziału.	3
Wy6	Rezerwy brutto w ubezpieczeniach na życie, rezerwa Zillmera.	2
Wy7	Ubezpieczenia od wielu przyczyn: składki netto, rezerwy.	3
Wy8	Ubezpieczenia „na wiele żyć”: składki netto, rezerwy.	6
Wy9	System Wypłacalność II a rezerwy techniczno-ubezpieczeniowe, w tym najlepsze oszacowanie, margines ryzyka, rezerwy dla celów rachunkowości.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie, rozwiązywanie zadań z egzaminu na aktuariusza	<b>30</b>
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

N1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.

N2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe.

N3. Konsultacje.

N4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
--	--------------------------	---

F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni „Actuarial Mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.
- [2] H. U. Gerber „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [3] D. Dickson, M. Hardy, H. Waters „Actuarial mathematics for life contingent risks” 2nd ed.; Cambridge University Press, Cambridge 2013.

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

**Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw.** (Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl)

**Dr hab. inż. Agnieszka Wylomańska, prof. nadzw.** (Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl)

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Matematyczne Przetwarzanie Obrazów**  
**Nazwa w języku angielskim: Mathematical Image Processing**  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**  
**Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**  
**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***  
**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany \***  
**Kod przedmiotu**  
**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna podstawowe fakty teorii równań różniczkowych cząstkowych.
2. Student zna pakiet MATLAB do obliczeń matematycznych

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Zapoznanie się modelami matematycznymi w przetwarzaniu obrazów.  
 C2 Zapoznanie się z metodami numerycznymi do rozwiązywania problemów w przetwarzaniu obrazów.  
 C3 Zastosowanie zdobytej wiedzy do konstrukcji i analizy modeli matematycznych w przetwarzaniu obrazów.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna podstawowe modele odrestaurowania obrazów

PEU\_W02 zna podstawowe modele wariacyjne segmentacji obrazów

PEU\_W03 zna metody numeryczne do rozwiązywania problemów w przetwarzaniu obrazów

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi przedstawić różnicę pomiędzy znanymi modelami odrestaurowania obrazów

PEU\_U02 potrafi przedstawić różnicę pomiędzy znanymi modelami segmentacji obrazów

PEU\_U03 umie zastosować metody numeryczne, w celu rozwiązania problemów w przetwarzaniu obrazów

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać niezbędne informacje w literaturze

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej pracy nad materiałem kursu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przegląd podstawowych problemów w przetwarzaniu obrazów. Reprezentacja obrazów. Modele degradacji obrazów.	2
Wy2	Liniowy filtr dyfuzyjny. Wygładzanie gaussowskie w obszarze częstotliwości.	2
Wy3	Nieliniowe filtry dyfuzyjne. Izotropowe i anizotropowe modele dyfuzyjne	4
Wy4	Dyskretyzacja nieliniowego filtra dyfuzyjnego	2
Wy5	Wprowadzenie do modeli wariacyjnych odrestaurowania obrazów	2
Wy6	Usuwanie szumu z obrazów przy pomocy regularyzacji wahaniami całkowitym	2
Wy7	Schematy pierwszego rzędu minimalizacji wahaniami całkowitym	4
Wy8	Modele wyostrzania obrazów	2
Wy9	Modele oparte na wahaniami całkowitym do retuszowania obrazów	2
Wy10	Model Mumforda-Shaha segmentacji obrazów i jego aproksymacje	4
Wy11	Model aktywnych konturów segmentacji obrazów	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Podstawowe operacje na obrazach. Degradacja obrazów. Wygładzanie gaussowskie.	4
La2	Rozwiązywanie wybranych zadań ilustrujących teorie podaną na wykładzie używając pakietu MATLAB do obliczeń matematycznych.	26
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

- N1. Wykład problemowo-informacyjny– metoda tradycyjna, prezentacja multimedialna
- N2. Laboratorium komputerowe z użyciem pakietu Matlab
- N3. Konsultacje
- N4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02,	aktywność na laboratoriach
F2	PEU_W01, PEU_W02, PEU_W03, PEU_U01, PEU_U02, PEU_U03, PEU_K01, PEU_K02,	oral presentation, report
P=0.2*F1+0.8*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] G. Aubert and P. Kornprobst „Mathematical Problems in Image Processing: Partial Differential Equations and the Calculus of Variations”, Springer-Verlag, 2007.
- [2] T. Chan and J. Shen „Image Processing and Analysis: Variational, PDE, Wavelet, and Stochastic Methods”, SIAM, 2006.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] O. Scherzer (Editor) „Handbook of Mathematical Methods in Imaging”, Springer-Verlag, 2010.

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

Dr Monika Muszkieta (monika.muszkieta@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: METODY NIELINIOWE**

**Nazwa w języku angielskim: Nonlinear methods**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i twierdzenia analizy matematycznej
2. Zna i potrafi stosować podstawowe pojęcia i metody z zakresu równań różniczkowych

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć oraz opanowanie podstawowych technik nieliniowych używanych w zastosowaniach

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie metod nieliniowych

PEU\_W02 zna metody numeryczne stosowane do znajdowania przybliżonych rozwiązań zagadnień matematycznych (na przykład równań różniczkowych) stawianych przez dziedziny stosowane

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przykłady zjawisk nieliniowych	2
Wy2	Przykłady zjawisk nieliniowych	2
Wy3	Oscylatory nieliniowe	2
Wy4	Bifurkacja i stabilność	2
Wy5	Równanie van der Pola	2
Wy6	Równanie Duffinga	2
Wy7	Systemy dwóch równań nieliniowych – punkty równowagi	2
Wy8	Klasyfikacja punktów równowagi	2
Wy9	Systemy równań nieliniowych - atraktory	2
Wy10	Równanie Lorenca	2
Wy11	Dziwne atraktory	2
Wy12	Równania Belolusova Zobotynskiego	2
Wy13	Komórki Benarda - równania hydrodynamiki	2
Wy14	Przykłady nieliniowej optymalizacji	2
Wy15	Pewne metody nieliniowej optymalizacji	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie analitycznie i z użyciem programu MATLAB	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2. Laboratorium – rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputerów
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02	kolokwium
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, ćwiczenia obliczeniowe, sprawozdania, kartkówki, kolokwia
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### LITERATURA PODSTAWOWA:

- [1] D.W. Jordan, P. Smith, Nonlinear Ordinary Differential Equations
- [2] G. Nicolis, Introduction to Nonlinear Science.

#### LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:

- [1] D. P. Bertsekas, Nonlinear Programming.

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

Prof. dr hab. Wojciech Okrański (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: METODY NUMERYCZNE W RÓWNANIACH  
RÓŻNICZKOWYCH**

**Nazwa w języku angielskim: Numerical methods in differential equations**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH  
KOMPETENCJI**

1. Student ma podstawową wiedzę i umiejętności z zakresu analizy matematycznej
2. Posiada podstawową znajomość środowisk programistycznych Matlab/Mathematica/Mapple

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu metod numerycznych stosowanych w równaniach różniczkowych.
- C2 Poznanie podstawowych technik numerycznych stosowanych w dyskretyzacji równań różniczkowych.

C3 Nabycie podstawowych umiejętności w konstruowaniu i analizowaniu schematów różnicowych dla równań różniczkowych.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze techniki numeryczne stosowane w rozwiązywaniu zagadnień z równań różniczkowych

PEU\_W02 zna podstawy konstruowania własnych schematów numerycznych

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi analizować podstawowe zagadnienia z równań różniczkowych pod względem zastosowania odpowiednich metod przybliżonych

PEU\_U02 potrafi konstruować modele matematyczne oparte na równaniach różniczkowych i ich dyskretnych formach wykorzystywane w konkretnych zastosowaniach matematyki.

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przypomnienie podstawowych faktów teorii równań różniczkowych zwyczajnych.	2
Wy2	Jawna i niejawna metoda Eulera przybliżonego rozwiązywania równań i układów równań różniczkowych zwyczajnych.	2
Wy3	Metody typu Rungego-Kutty i inne schematy aproksymacji równań różniczkowych zwyczajnych i ich układów.	2
Wy3	Metody wielokrokowe, stabilność metody numerycznej. Zagadnienia sztywne.	2
Wy4	Metody aproksymacji zagadnień brzegowych dla równań zwyczajnych II rzędu-metody wstrzeliwania i metody różnicowe.	2
Wy5	Metody aproksymacji zagadnień brzegowych dla równań zwyczajnych II rzędu-metoda Ritza-Galerkina.	2
Wy6	Metody różnicowe dla równań cząstkowych I rzędu. Warunek CFL.	2
Wy7	Przypomnienie podstawowych faktów z teorii równań różniczkowych cząstkowych drugiego rzędu.	2
Wy8	Różnicowa aproksymacja eliptycznych zagadnień brzegowych na płaszczyźnie.	4
Wy9	Sformułowanie wariacyjne zagadnień brzegowych dla równań typu	2

	eliptycznego.	
Wy10	Metoda Ritz-Galerkina i elementów skończonych dla zagadnień eliptycznych.	2
Wy11	Metody różnicowe dla zagadnień parabolicznych. Schematy jawne i niejawne dla równania przewodnictwa ciepła.	2
Wy12	Stabilność metody przybliżonej. Schemat Crancka-Nicholson dla równań typu parabolicznego.	2
Wy13	Metody różnicowe dla zagadnienia struny drgającej i innych zagadnień hiperbolicznych.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1	Komputerowa konstrukcja rozwiązań równań różniczkowych zwyczajnych.	4
La2	Praktyczna weryfikacja skuteczności automatycznej kontroli dokładności.	2
La3	Wizualizacja i porównywanie użyteczności różnych metod.	4
La4	Algorytmy dla metod numerycznych rozwiązywania jednowymiarowych zagadnień brzegowych dla równań eliptycznych.	4
La5	Dyskretyzacja zagadnień hiperbolicznych I rzędu. Warunki stabilności i zbieżności metod przybliżonych.	4
La6	Dyskretyzacja dwuwymiarowego zagadnienia brzegowego dla równania eliptycznego.	4
La7	Schematy różnicowe aproksymacji jednowymiarowego równania parabolicznego.	4
La8	Metoda różnicowa dyskretyzacji równania struny drgającej.	4
	Suma godzin	30

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna</li> <li>2. Laboratorium problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna i z zastosowaniem komputera</li> <li>3. Konsultacje</li> <li>4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium</li> </ol>

### **OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

<b>Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))</b>	<b>Numer efektu kształcenia</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia</b>
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	prezentacja przydzielonego problemu
F2	PEU_U01 PEU_U02	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki

	PEU_K01	
P=0.5*F1+0.5*F2		

## **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Richard L. Burden, J. Douglas Faires, Numerical Analysis
- [2] R. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J.H.M. ten Thije Boonkkamp, Partial
- [3] Stig Larsson, Vidar Thomee, Partial differential equations with numerical methods

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] L. Lapidus, G. F. Pinder, Numerical solution of partial differential equations in science and engineering, John Wiley & Sons, 1998
- [2] R. J. Le Vegue, Numerical Methods for conservation laws, Birkhauser, Basel 1990
- [3] J. W. Thomas, Numerical partial differential equations: conservation laws and elliptic equations, Springer, New York 1999

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

**Dr hab. Wojciech Mydlarczyk (Wojciech.Mydlarczyk@pwr.edu.pl)**



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Badania Operacyjne**

**Nazwa w języku angielskim: Operations Research**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Applied Mathematics**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Modelling, Simulation, Optimization**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	3				

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i potrafi stosować podstawowe pojęcia z zakresu algebry liniowej i logiki.
2. Student zna podstawy programowania komputerów.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie modeli matematycznych wspomagających podejmowanie decyzji.
- C2 Poznanie podstawowych algorytmów stosowanych w badaniach operacyjnych.
- C3 Nabycie umiejętności konstrukcji modeli matematycznych dla praktycznych problemów.
- C4 Nabycie umiejętności implementacji modeli w języku modelowania matematycznego.
- C5 Nabycie umiejętności przedstawienia i interpretacji rozwiązania zbudowanego modelu.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę z zakresu teorii programowania liniowego.

PEU\_W02 zna podstawowe modele matematyczne i techniki obliczeniowe stosowane w badaniach operacyjnych.

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi zbudować model matematyczny dla praktycznego problemu

PEU\_U02 potrafi zaimplementować model matematyczny w języku modelowania matematycznego.

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi przedstawić rozwiązanie problemu w sposób zrozumiały dla niematematyków

### TRZĘŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do badań operacyjnych. Sformułowanie zadania programowania liniowego	2
Wy2	Budowa modeli matematycznych (1)	2
Wy3	Budowa modeli matematycznych (2)	2
Wy4	Budowa modeli matematycznych (3)	2
Wy5	Algorytm sympleksowy dla programowania liniowego	2
Wy6	Dualizm i analiza wrażliwości w programowaniu liniowym	2
Wy7	Algorytmy dla programowania liniowego całkowitoliczbowego	2
Wy8	Problem najtańszego przepływu w sieci – zastosowania i własności matematyczne	2
Wy9	Sieciowy algorytm sympleksowy	2
Wy10	Problem najkrótszej (najdłuższej) ścieżki w sieci – zastosowania i algorytmy.	2
Wy11	Problem maksymalnego przepływu w sieci – zastosowania i algorytmy.	2
Wy12	Problem przyporządkowania, minimalnego drzewa rozpinającego i problem komiwojażera – zastosowania i algorytmy.	2
Wy13	Podstawy złożoności obliczeniowej, NP-trudne problemy kombinatoryczne, ograniczenia współczesnych technik obliczeniowych.	2
Wy14	Programowanie wielokryterialne	2
Wy15	Kolokwium zaliczeniowe	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Zapoznanie z językiem MathProg (AMPL)	2
La2	Budowa i implementacja modeli liniowych dla wybranych problemów	4

La3	Budowa i implementacja modeli liniowych całkowitoliczbowych dla wybranych problemów	8
La4	Budowa i implementacja modeli dla problemu najtańszego przepływu i jego specjalnych przypadków	4
La5	Budowa i implementacja modeli dla różnych wariantów problemu komiwojażera	2
La6	Budowa i implementacja modeli dla wybranych problemów optymalizacji kombinatorycznej	4
La7	Budowa i implementacja modeli dla wybranych problemów wielokryterialnych	4
La8	Kolokwium	2
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – prezentacja komputerowa i metoda tradycyjna.
2. Laboratoria komputerowe – budowa modeli dla wybranych problemów, implementacja tych modeli w języku AMPL.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02	kolokwium z wykładu
F2	PEU_U01 PEU_U02 PEU_K01	kolokwium z laboratorium
P=0.5F1+0.5F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] H. A. Taha. Operations research. An introduction. Pearson Education 2007.
- [2] F.S. Hillier, G. J. Lieberman. Introduction to operations research. Mc. Graw Hill 2001.
- [3] B. Kolman, R.E. Beck. Elementary linear programming with applications. Elsevier Science 1995.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [4] A. Shrijver. Theory of linear and integer programming. J. Wiley & Sons 1999.
- [5] M.S. Bazaraa, J. J. Jarvis, H. D. Sherali. Linear programming and network flows. J. Wiley & Sons 2010.
- [6] R. Ahuja, T. Magnanti, J. Orlin. Network flows. Theory algorithms and applications. Prentice Hall 1993.
- [7] R. Fourer, D.M. Gay, B.W. Kernighan. AMPL. A modeling language for mathematical programming, free e-book: <http://ampl.com/resources/the-ampl-book/chapter-downloads/>

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

**Dr hab. inż. Adam Kasperski** (adam.kasperski@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Optymalne Sterowanie**

**Nazwa w języku angielskim: Optimal Control**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Stopień studiów i forma: 2 stopień, stacjonarna /niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny /ogólnouczelniany \***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	3				

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

Algebra, Analiza matematyczna, Wprowadzenie do teorii prawdopodobieństwa,

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie pojęć i metod modeli sterowania.

C2 Poznanie sformułowań zadań optymalnego sterowania.

C3 Poznanie podstaw analizy dla systemów dynamicznych.

C5 Poznanie modeli i analizy stochastycznych systemów sterowania.

C6 Zastosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu rozwiązywania zagadnień teoretycznych i praktycznych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

## PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

### Z zakresu wiedzy:

- PEU\_W01. Zna sformułowania problemów sterowania i ich matematycznych modeli.  
 PEU\_W02. Rozpoznaje sytuacje wymagające stosowania metod optymalnego sterowania w celu rozwiązania praktycznych problemów.  
 PEU\_W03. Zna ograniczenia metod analitycznych i możliwości numerycznej analizy modeli dynamicznych.  
 PEU\_W04. Zna stochastyczne metody w zagadnieniach sterowania.

### Z zakresu umiejętności:

- PEU\_U01. Potrafi sformułować zadanie modelowania procesu sterowania w dogodnej do analizy formie.  
 PEU\_U02. Potrafi zastosować właściwy algorytm do rozwiązania zadania w zakresie sterowania układami z czasem ciągłym i dyskretnym.  
 PEU\_U03. Potrafi rozpoznać zagadnienia optymalizacyjne do których właściwe metody oparte są na wykorzystaniu aparatu stochastycznego.

### Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEU\_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu.  
 PEU\_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.  
 PEU\_K03. Rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

## TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Programowanie dynamiczne -- algorytm. Sterowanie układem deterministycznym z czasem dyskretnym.	2
Wy2	Procesy z czasem dyskretnym. Łańcuchy Markowa. Warunkowa wartość oczekiwana. Martyngały i momenty zatrzymania.	2
Wy3	Markowskie procesy decyzyjne. Równanie Bellmana.	2
Wy4	Modele z nieskończonym horyzontem-podstawy. Modele decyzyjne markowskie z dyskontowaniem wypłat. Minimalizacja średniego kosztu na jednostkę. Średnia wypłata i inne kryteria.	4
Wy5	Przykłady zastosowań markowskich procesów decyzyjnych w zagadnieniach odnowy, optymalizacji serwisu.	2
Wy6	Sterowanie optymalne układu w czasie ciągłym. Równanie Hamiltona-Jakobiego-Bellmana.	2
Wy7	Systemy liniowe z kwadratową funkcją kosztu i pełną obserwacją stanu. Zadanie sterowania zapasami.	2
Wy8	Systemy z niepewną obserwacją stanu. Iteracyjne wyznaczanie funkcji wartości.	2
Wy9	Aproksymacja rozwiązań równania Bellmana.	2
Wy10	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych.	2
Wy11	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych-przypadek łańcucha Markowa. Problem wyboru najlepszego obiektu.	2
Wy12	Optymalne zatrzymywanie ciągów nieskończonych. Przypadek łańcucha Markowa.	2
Wy13	Problem wykrywania rozregulowania.	2
Wy14	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2

Suma godzin	<b>30</b>
-------------	-----------

<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		<b>Liczba godzin</b>
Ćw1	Przykłady deterministycznych układów sterowania z czasem dyskretnym.	2
Ćw2	Analiza własności łańcuchy Markowa. Badanie stacjonarności i ergodyczności. Klasyfikacja stanów. Warunkowa wartość oczekiwana. Martyngały i momenty zatrzymania.	2
Ćw3	Konstrukcja markowskiego procesu decyzyjnego dla wybranych przykładów. Analiza równania Bellmana dla skonstruowanego MDP.	2
Ćw4	Badanie własności modeli z nieskończonym horyzontem. Przypadek modeli decyzyjnych markowskich z dyskontowaniem wypłat. Minimalizacja średniego kosztu na jednostkę. Średnia wypłata i inne kryteria.	4
Ćw5	Przykłady zastosowań markowskich procesów decyzyjnych w zagadnieniach odnowy, optymalizacji serwisu.	2
Ćw6	Analiza przykładowych układów sterowania w czasie ciągłym. Wyznaczenie sterowania optymalnego. Badanie równanie Hamiltona-Jakobiego-Bellmana.	2
Ćw7	Wyznaczenie sterowania i wartości kryterium dla systemu liniowego z kwadratową funkcją kosztu i pełną obserwacją stanu. Zadanie sterowania zapasami.	2
Ćw8	Analiza systemu z niepewną obserwacją stanu. Iteracyjne wyznaczanie funkcji wartości.	2
Ćw9	Aproksymacja rozwiązania równania Bellmana.	2
Ćw10	Wyznaczanie rozwiązania zadania optymalnego zatrzymywania ciągów skończonych.	2
Ćw11	Analiza zadań optymalnego zatrzymywania ciągów-przypadek łańcucha Markowa. Przykłady zastosowań: problem wyboru najlepszego obiektu, sekwencyjne testy.	4
Ćw12	Analiza wybranych przykładów problem wykrywania rozregulowania.	2
Ćw13	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2
Suma godzin		<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta-przygotowanie do ćwiczeń.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02	odpowiedzi ustne, kartkówki

	PEU_W03 PEU_W04 PEU_K01 PEU_K02	
F2	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_W04 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	kolokwium
P=0,4*F1+0,6*F2		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] Dimitri P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, vol. 1, Athena Scientific, Belmont, MA: 2005.
- [2] Dimitri P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, vol. 2, Athena Scientific, Belmont, MA: 2007.
- [3] Harold Kushner: Wprowadzenie do teorii sterowania stochastycznego. WNT, 1983.
- [4] A.N. Shiryaev. Optimal Stopping Rules. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 1978.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J. P. Aubin, Optima and Equilibria. An Introduction to Nonlinear Analysis, Springer, Berlin 1993.
- [2] Wayne I. Winston: Introduction to mathematical programming: applications and algorithms, 1991.

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

Dr hab. inż. Krzysztof Szajowski ([krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl](mailto:krzysztof.szajowski@pwr.wroc.pl))

Dr hab. inż. Anna Jaśkiewicz



<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim</b> Teoria optymalizacji	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim</b> Optimization Theory	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b> Applied Mathematics	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b> MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION	
<b>Poziom i forma studiów:</b> I / II stopień / <del>jednolite studia magisterskie*</del> , stacjonarna / niestacjonarna*	
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	obowiązkowy / <del>wybieralny</del> / ogólnouczelniany *
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001588</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK / NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	90			
Forma zaliczenia	Egzamin / zaliczenie na ocenę*				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	3			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

\*niepotrzebne skreślić

### WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

1. Algebra, Analiza matematyczna

### CELE PRZEDMIOTU

- C1 Poznanie pojęć i metod programowania matematycznego.  
 C2 Poznanie sformułowań zadań programowania liniowego i kwadratowego.  
 C3 Poznanie teoretycznych podstaw programowania matematycznego.  
 C4 Poznanie algorytmów komputerowych rozwiązywania zadań optymalizacyjnych.  
 C5 Zastosowanie nabytej wiedzy do tworzenia i analizy modeli matematycznych w celu rozwiązywania zagadnień teoretycznych i praktycznych w różnych dziedzinach nauki i techniki.

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy:

PEU\_W01. Zna sformułowania zadań programowania matematycznego.

PEU\_W02. Ma podstawową wiedzę o zastosowaniach i znaczeniu zadań programowania matematycznego.

PEU\_W03. Zna ograniczenia metod analitycznych i metody numerycznej analizy zadań optymalizacji.

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01. Potrafi sformułować zadanie programowania matematycznego w dogodnej do analizy formie.

PEU\_U02. Potrafi zastosować właściwy algorytm do rozwiązania zadania programowania matematycznego.

PEU\_U03. Umie zastosować metody optymalizacji, i metody analityczne lub numeryczne ich analizy, w celu rozwiązania praktycznych problemów.

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu.

PEU\_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.

PEU\_K03. Rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do programowania matematycznego. Zadania optymalizacji bez ograniczeń. Optima lokalne i globalne. Warunki optymalności.	2
Wy2	Metody gradientowe szukania ekstremum. Metoda najszybszego spadku. Metoda Newtona i jej modyfikacje. Analiza zbieżności.	6
Wy3	Programowanie liniowe. Interpretacja geometryczna. Algorytm sympleks.	4
Wy4	Zagadnienie dualne. Twierdzenia o dualności dla programowania liniowego. Wykorzystanie rozwiązania problemu dualnego do analizy wrażliwości.	2
Wy5	Programowanie całkowitoliczbowe. Relaksacja zagadnienia programowania całkowitoliczbowego. Metoda podziału i ograniczeń.	2
Wy6	Teoria mnożników Lagrange'a. Warunki konieczne i wystarczające istnienia ekstremum przy ograniczeniach w postaci równości. Wykorzystanie mnożników Lagrange'a do analizy wrażliwości.	2
Wy7	Ograniczenia w postaci nierówności. Warunki optymalności Karusha-Kuhna-Tuckera.	2
Wy8	Programowanie kwadratowe.	2
Wy9	Metoda kwadratowej funkcji kary. Metoda mnożników.	2

Wy10	Zadania optymalizacji na zbiorze wypukłym. Metoda Franka-Wolfe'a. Metoda rzutowania gradientu. Metoda barierowa.	4
Wy11	Ogólna postać zadania programowania wypukłego. Dualność dla programowania wypukłego. Subgradient. Iteracyjne metody subgradientowe.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - ćwiczenia</b>		<b>Liczba godzin</b>
Ćw1	Zagadnienia ilustrujące warunki konieczne i wystarczające optymalności.	4
Ćw2	Zagadnienia ilustrujące własności funkcji wypukłych i zbiorów wypukłych.	2
Ćw3	Ilustracja metod gradientowych szukania ekstremum.	4
Ćw4	Ilustracja metody sympleks. Przykłady praktycznych zastosowań programowania liniowego. Problem dualny a analiza wrażliwości.	6
Ćw5	Ilustracja metody podziału i ograniczeń. Praktyczne zastosowania zadań programowania całkowitoliczbowego.	4
Ćw6	Zastosowanie mnożników Lagrange'a oraz warunków Karusha-Kuhna-Tuckera do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych.	6
Ćw7	Ilustracja metod numerycznych rozwiązywania ogólnych zadań optymalizacyjnych z ograniczeniami.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

<b>Forma zajęć - laboratorium</b>		<b>Liczba godzin</b>
La1		
La2		
La3		
La4		
La5		
...		
	Suma godzin	

<b>Forma zajęć - projekt</b>		<b>Liczba godzin</b>
Pr1		
Pr2		
Pr3		
Pr4		
...		
	Suma godzin	

<b>Forma zajęć - seminarium</b>		<b>Liczba godzin</b>
Se1		
Se2		
Se3		
...		
	Suma godzin	

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>	
N1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna	
N2. Ćwiczenia problemowe i rachunkowe – metoda tradycyjna	
N3. Zadania domowe z zastosowaniem komputera	
N4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.	

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu uczenia się	Sposób oceny osiągnięcia efektu uczenia się
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_K01 PEU_K02	Odpowiedzi ustne, kartkówki, zadania domowe
F2	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	Egzamin

$P=0,4 \cdot F1 + 0,6 \cdot F2$

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] D.P. Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific, Belmont, MA: 1999.
- [2] S.P. Bradley, A.C. Hax, T.L. Magnanti, Applied Mathematical Programming, Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- [3] A. Cegielski, Programowanie matematyczne cz.. 1. Programowanie liniowe, Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2002
- [4] A. Antoniou, W.-S. Lu, Practical Optimization, Springer Science+Business Media, LLC, 2007.

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] S. Boyd, L. Vanderberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004.
- [2] I. Nykowski, Programowanie liniowe, PWE Warszawa 1980.
- [3] W. Grabowski, Programowanie matematyczne, PWE Warszawa 1980.
- [4] R.S. Garfinkel, G.L. Nemhauser, Programowanie całkowitoliczbowe, PWN, 1978.
- [5] D.P. Bertsekas, A. Nedic, A.E. Ozdaglar, Convex Analysis and Optimization, Athena Scientific, Belmont, MA: 2003.
- [6] A. Ruszczyński, Nonlinear optimization, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2006.

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

Dr hab. inż. Piotr Więcek ([Piotr.wiecek@pwr.edu.pl](mailto:Piotr.wiecek@pwr.edu.pl))

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: Równania różniczkowe cząstkowe z zastosowaniami w fizyce i przemyśle**

**Nazwa w języku angielskim: Partial differential equations with applications in physics and industry**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	120	60			
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	3			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		4			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1	2			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody rzeczywistej i zespolonej analizy matematycznej
2. Zna i potrafi stosować elementarne pojęcia i metody z zakresu równań różniczkowych zwyczajnych

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu równań różniczkowych cząstkowych
- C2 Poznanie podstawowych zastosowań równań różniczkowych cząstkowych w nauce, technice i przemyśle
- C3 Nabycie podstawowych umiejętności w modelowaniu matematycznym za pomocą równań różniczkowych cząstkowych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia z głównych działów równań różniczkowych

PEU\_W02 zna podstawy modelowania za pomocą równań różniczkowych w zagadnieniach technicznych lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii i biologii.

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi analizować podstawowe zagadnienia z równań różniczkowych

PEU\_U02 potrafi konstruować modele matematyczne za pomocą równań różniczkowych, wykorzystywane w konkretnych zastosowaniach matematyki.

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

PEU\_K02 rozumie konieczność systematycznej i samodzielnej pracy nad opanowaniem materiału kursu.

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przypomnienie wiadomości o równaniach różniczkowych cząstkowych pierwszego rzędu. Metoda charakterystyk, rozwiązania słabe oraz fale uderzeniowe.	4
Wy2	Równania cząstkowe II rzędu oraz ich klasyfikacja. Motywacje fizyczne.	2
Wy3	Równania paraboliczne i ich zastosowania (ciepło, dyfuzja). Zagadnienia początkowo-brzegowe, metoda rozdzielania zmiennych, transformata Fouriera, rozwiązanie fundamentalne, zasada maksimum.	8
Wy4	Równania hiperboliczne i ich zastosowania (drżania strun, membran i prętów; fale mechaniczne, akustyczne i elektromagnetyczne). Rozwiązanie d'Alemberta, zagadnienia początkowo-brzegowe, metoda rozdzielania zmiennych, rozwiązanie Kirchhoffa, zasada Huygensa.	8
Wy5	Równania eliptyczne i ich zastosowania (stacjonarny rozkład temperatury, potencjał grawitacyjny oraz elektrostatyczny). Zagadnienia brzegowe, funkcje własne, równanie Poissona, funkcja Greena.	6
Wy6	Rachunek wariacyjny oraz jego zastosowania. Równanie Eulera-Lagrange'a, mechanika Lagranżowska, równanie geodezyjnej, równanie powierzchni minimalnej.	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Cw1	Rozwiązywanie zagadnień z równań różniczkowych cząstkowych i ich zastosowań.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2. Ćwiczenia
3. Konsultacje
4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_U02 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki, sprawozdania
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] S.J.Farlow, Partial Differential Equations for Scientists and Engineers, Dover Publications, 1993.
- [2] R.Haberman, Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems, Pearson, 2012.
- [3] A. N. Tichonow, A. A. Samarski, Równania fizyki matematycznej, PWN 1963.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] J. Ockendon, S. Howison, A. Lacey & A. Movchan, Applied Partial Differential Equations, Oxford University Press, Oxford 1999.
- [2] L. C. Evans, Równania różniczkowe cząstkowe, PWN 2002.

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

**dr inż. Łukasz Płociniczak** ([lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl](mailto:lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl))



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: METODY PERTURBACYJNE**

**Nazwa w języku angielskim: Perturbation Methods**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90		60		
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		2		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5		1,5		

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i twierdzenia analizy matematycznej
2. Zna i potrafi stosować elementarne pojęcia i metody z zakresu równań różniczkowych zwyczajnych

**CELE PRZEDMIOTU**

**C1** Poznanie podstawowych pojęć oraz opanowanie podstawowych technik używanych w metodach perturbacyjnych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie metod perturbacyjnych

PEU\_W02 zna metody numeryczne stosowane do znajdowania przybliżonych rozwiązań zagadnień matematycznych (na przykład równań różniczkowych) stawianych przez dziedziny stosowane

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Przykłady prowadzące do metod perturbacyjnych	2
Wy2	Regularna metoda perturbacyjna	2
Wy3	Metoda Poincare-Lindstedta	2
Wy4	Asymptotyki	2
Wy5	Zawodność regularnej metody perturbacyjnej	2
Wy6	Osobliwa metoda perturbacyjna	2
Wy7	Wewnętrzne i zewnętrzne aproksymacje	2
Wy8	Analiza warstwy brzegowej	2
Wy9	Aproksymacja wewnętrzna i skalowanie	2
Wy10	Łączenie aproksymacji zewnętrznej i wewnętrznej	2
Wy11	Jednostajna aproksymacja	2
Wy12	Przykłady jednostajnej aproksymacji	2
Wy13	Zjawiska związane z warstwą brzegową	2
Wy14	Równania różniczkowe cząstkowe i metody perturbacyjne	2
Wy15	Równania algebraiczne i metody perturbacyjne	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
La1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie z użyciem programu MATLAB	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1.	Wykład problemowy – metoda tradycyjna
2.	Laboratorium komputerowe
3.	Konsultacje
4.	Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium

**OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ**

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W1 PEU_W2	kolokwium
F2	PEU_U1 PEU-K1	odpowiedzi ustne, kartkówki, kolokwia, sprawozdania
P=0.5*F1+0.5*F2		

**LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

**LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] E. J. Hinch, Perturbation Methods.
- [2] J. David Logan, Applied Mathematics.

**LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] C.C.Lin, L.A.Segel, Mathematics Applied to Deterministic Problems in the Natural Sciencec, SIAM 1988

**OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**dr hab. inż. Łukasz Płociniczak (lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl)**



**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: TEORIA KOLEJEK I SIECI KOMUNIKACYJNE**

**Nazwa w języku angielskim: Queues and Communication Networks**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~/ wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student posiada elementarną wiedzę z Rachunku Prawdopodobieństwa

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstaw teorii kolejek i zaznajomienie z podstawowymi pojęciami potrzebnymi do analizy sieci komunikacyjnych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze fakty z teorii kolejek

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego sieci komunikacyjnych i zna możliwe zastosowania teorii kolejek w naukach biologicznych, fizycznych, ekonomicznych itp.

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi konstruować i analizować modele kolejkowe opisujące różnorodne zastosowania

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Podstawy teorii procesów Markowa	2
Wy2	Podstawy procesów punktowych	2
Wy3	Rozkłady stacjonarne w kolejkach z wejściem Poissonowskim	4
Wy4	Model Erlanga ze stratami	2
Wy5	Sieci typu Jacksona i Gordona-Newela	6
Wy6	Sieci z kilkoma klasami klientów	4
Wy7	Kolejki z kilkoma serwerami i różnymi dyscyplinami obsługi	4
Wy8	Kolejki z powrotami i stratami	4
Wy9	Analiza tranzytywna kolejek	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Ilustracja modeli. Metody analityczne i komputerowe. Przykłady modeli kolejkowych.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.
2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe.
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

[1] Asmussen, S. (2003) Applied Probability and Queues, Springer.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

[2] Cohen, J.W. (1969) The Single Server Queue North, Holland.

[3] Takacs, L. (1962) Introduction to the Theory of Queues Oxford University Press.

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Prof. dr hab. Zbigniew Palmowski** (Zbigniew.Palmowski@pwr.edu.pl)



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: REZERWY W UBEZPIECZENIACH ŻYCIOWYCH I MAJĄTKOWYCH**

**Nazwa w języku angielskim: Reserves in life and non-life insurance**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***

**Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany\***

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / NIE\***

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90	60			
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3	2			
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5	1,5			

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody rachunku prawdopodobieństwa.
2. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody matematyki aktuarialnej w zakresie ubezpieczeń przemysłowych i życiowych.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu wyznaczania rezerw dla ubezpieczeń życiowych i majątkowych.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody matematyki aktuarialnej w zakresie tworzenia rezerw w ubezpieczeniach życiowych i majątkowych

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej ubezpieczeń życiowych i majątkowych

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne wykorzystywane w matematyce aktuarialnej w zakresie tworzenia rezerw w ubezpieczeniach życiowych i majątkowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do wykładu, przegląd rodzajów rezerw ubezpieczeniowych.	2
Wy2	Rezerwy netto w ubezpieczeniach na życie.	4
Wy3	Strata ubezpieczyciela (tw. Hattendorffa).	2
Wy4	Zysk techniczny i sposoby jego podziału.	2
Wy5	Rezerwy brutto w ubezpieczeniach na życie, rezerwa Zillmera.	2
Wy6	Ubezpieczenia od wielu przyczyn: składki netto, rezerwy.	4
Wy7	Ubezpieczenia „na wiele żyć”: składki netto, rezerwy.	6
Wy8	Rezerwy techniczno-ubezpieczeniowe w ubezpieczeniach majątkowych, w tym trójkąty szkodowe, metoda chain-ladder, rezerwa IBNR, rezerwa składek.	4
Wy9	System Wypłacalność II a rezerwy techniczno-ubezpieczeniowe, w tym najlepsze oszacowanie, margines ryzyka, rezerwy dla celów rachunkowości.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie, rozwiązywanie zadań z egzaminu na aktuarium	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.
2. Ćwiczenia rachunkowe i problemowe.
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – przygotowanie do ćwiczeń.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, prezentacje
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni „Actuarial Mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.
- [2] H. U. Gerber „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [3] M. J. Goovaerts i inni „Effective Actuarial Methods”; North Holland, 1990.
- [4] R. Kaas i inni „Modern Actuarial Risk Theory”; Kluwer Academic Publishers, 2001.

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw.** ([Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl](mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl))  
**Dr inż. Marek Teuerle** ([Marek.Teuerle@pwr.edu.pl](mailto:Marek.Teuerle@pwr.edu.pl))



**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: ZARZĄDZANIE RYZYKIEM W UBEZPIECZENIACH**

**Nazwa w języku angielskim: Risk management in insurance**

**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**

**Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics**

**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / ~~niestacjonarna\*~~**

**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~/ wybieralny / ~~ogólnouczelniany\*~~**

**Kod przedmiotu**

**Grupa kursów TAK / ~~NIE\*~~**

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30			30	
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	90			60	
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3			2	
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)	1,5			1,5	

**WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI**

1. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody rachunku prawdopodobieństwa.
2. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody ubezpieczeń życiowych i majątkowych
3. Student zna i umie stosować klasyczne pojęcia i metody związane z wyznaczeniem rezerw dla ubezpieczeń życiowych i majątkowych.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu zarządzania ryzykiem w ubezpieczeniach życiowych i majątkowych.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody związane z zarządzaniem ryzykiem w zakresie ubezpieczeń życiowych i majątkowych

PEU\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w zarządzaniu ryzykiem

Z zakresu umiejętności:

PEU\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne oraz używać metod wykorzystywanych w zarządzaniu ryzykiem w zakresie ubezpieczeń życiowych i majątkowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEU\_K01 potrafi korzystać z literatury naukowej w języku angielskim, w tym docierać do materiałów źródłowych i dokonywać ich przeglądu

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Zarządzanie ryzykiem w zakładzie ubezpieczeń, funkcja aktuarialna i funkcja zarządzania ryzykiem.	2
Wy2	Zarządzanie kapitałem, apetyt na ryzyko, miary ryzyka (w tym RAROC, RORAC).	2
Wy3	System Wypłacalność II: wymogi kapitałowe, formuła standardowa, modele wewnętrzne, rodzaje ryzyka ubezpieczeniowego	6
Wy4	Testy zyskowności i ekspozycji na ryzyko portfeli ubezpieczeniowych, monitorowanie założeń modeli aktuarialnych.	4
Wy5	Metody redukcji ekspozycji na ryzyko, metody i instrumenty transferu ryzyka, w tym alternatywne metody transferu ryzyka (ART).	4
Wy6	Reasekuracja proporcjonalna i nieproporcjonalna jako metody zarządzania ryzykiem.	4
Wy7	Taryfy aktuarialne w ubezpieczeniach majątkowych i w ubezpieczeniach na życie, czynniki ryzyka.	2
Wy8	Zastosowania instrumentów pochodnych w ubezpieczeniach.	3
Wy9	Wycena obligacji katastroficznych.	3
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - projekt		Liczba godzin
Pr1	Przygotowanie i prezentacja projektów związanych z tematyką wykładu.	30
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje.
2. Prezentacje cząstkowa i prezentacja końcowa projektów przez studentów
3. Konsultacje.
4. Praca własna studenta – przygotowanie projektu.

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEU_W01 PEU_W02 PEU_K01	egzamin
F2	PEU_U01 PEU_K01	Prezentacje cząstkowa i prezentacja końcowa projektu
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni, „Actuarial mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois, 1997.
- [2] H. U. Gerber, „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [3] C. D. Daykin i inni, „Practical risk theory for actuaries”, Chapman & Hall, London, 1996.
- [4] R. Kaas, M. Goovaerts, J. Dhaene, M. Denuit „Modern actuarial Risk Theory”, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [5] P.M. Booth, R. G. Chadburn, S. Haberman et al. „Modern actuarial theory and practice” 2nd ed.; Chapman & Hall, 2005
- [6] M. V. Wüthrich, M. Merz, „Financial Modeling, Actuarial Valuation and Solvency in Insurance”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [7] DIRECTIVE 2009/138/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 November 2009 on the taking-up and pursuit of the business of Insurance and Reinsurance (Solvency II)

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] L. Hölscher, P. Harding, G. M. Becker, „ Financing the Embedded Value of Life Insurance Portfolios”, HfB – Working Paper Series, 2005.

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr inż. Marek Teuerle** ([Marek.Teuerle@pwr.edu.pl](mailto:Marek.Teuerle@pwr.edu.pl))

**Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw.** ([Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl](mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl))

