

## **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**

Zawartość:

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

Uchwała nr **35/03/2020-2024** Senatu PWr z dnia **19.11.2020 r.**

Obowiązuje od roku akademickiego 2020/2021

## 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 drugiego stopnia - 7 poziom PRK

P7S – charakterystyki drugiego stopnia odpowiadające kształceniu na studiach drugiego stopnia/ jednolitych magisterskich – 7 poziom PRK

W – kategoria „wiedza”

U – kategoria „umiejętności”

K – kategoria „kompetencje społeczne”

$K(\text{symbol kierunku})_{W1}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{W2}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{W3}$ , ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „wiedza”

$K(\text{symbol kierunku})_{U1}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{U2}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{U3}$ , ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „umiejętności”

$K(\text{symbol kierunku})_{K1}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{K2}$ ,  $K(\text{symbol kierunku})_{K3}$ , ...- efekty kierunkowe dot. kategorii „kompetencje społeczne”

$S(\text{symbol specjalności})_{W...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{W...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{W...}$ , ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „wiedza”

$S(\text{symbol specjalności})_{U...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{U...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{U...}$ , ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „umiejętności”

$S(\text{symbol specjalności})_{K...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{K...}$ ,  $S(\text{symbol specjalności})_{K...}$ , ...- efekty specjalnościowe dot. kategorii „kompetencje społeczne”

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

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 7 PRK, umożliwiających 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		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		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		P7S_WK, P7S_WG	
KAMAN_W11	zna matematyczne podstawy teorii informacji, teorii algorytmów i		P7S_WG	

	kryptografii oraz ich praktyczne zastosowania m.in. w programowaniu i szeroko rozumianej informatyce			
KAMAN_W12	zna dobrze co najmniej jeden pakiet oprogramowania, służący do obliczeń symbolicznych i jeden pakiet do statystycznej obróbki danych		P7S_WG	
KAMAN_W13	zna język angielski na poziomie średniozaawansowanym (B2) oraz inny język obcy na poziomie wystarczającym do czytania aktualnej literatury fachowej		P7S_WG	
KAMAN_W14	zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu wystarczającym do samodzielnej pracy w zawodzie matematyka		P7S_WK	
KAMAN_W15	zna ogólne zasady i twierdzenia teoriodecyzyjnego podejścia do wnioskowań statystycznych oraz metody wyznaczania optymalnych funkcji decyzyjnych		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		P7S_WG	
KAMAN_W17	zna podstawowe metody prognozy szeregów czasowych		P7S_WG	
KAMAN_W18	zna metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej		P7S_WG	
KAMAN_W19_inż	ma podstawową wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności pracy inżynierskiej		P7S_WG	P7S_WG
KAMAN_W20_inż	zna typowe technologie, których znajomość umożliwi zastosowanie metod matematycznych w problemach inżynierskich		P7S_WG	P7S_WG
KAMAN_W21_inż	zna podstawowe metody stosowane przy rozwiązywaniu prostych zadań inżynierskich z wykorzystaniem metod matematycznych		P7S_WG	P7S_WG
KAMAN_W22_inż	ma podstawową wiedzę o cyklu życia urządzeń i systemów technicznych		P7S_WG	P7S_WG
KAMAN_W23	ma podstawową wiedzę dotyczącą zarządzania i prowadzenia działalności gospodarczej oraz praw autorskich		P7S_WK	P7S_WK
<b>UMIĘTNOŚCI (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	P7U_U	P7S_UW	

	związane z podstawowymi działami matematyki i rozumie znaczenie ich własności			
KAMAN_U05	swobodnie posługuje się narzędziami analizy, w tym rachunkiem różniczkowym i całkowym, elementami analizy zespolonej i fourierowskiej		P7S_UW	
KAMAN_U06	orientuje się w metodach rozwiązywania klasycznych równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych, potrafi stosować je w typowych zagadnieniach praktycznych		P7S_UW	
KAMAN_U07	potrafi stosować pojęcia teorii miary w typowych zagadnieniach teoretycznych i praktycznych		P7S_UW	
KAMAN_U08	posiada umiejętności rozpoznawania struktur topologicznych w obiektach matematycznych występujących np. w geometrii lub analizie matematycznej; potrafi wykorzystać podstawowe własności topologiczne zbiorów, funkcji i przekształceń		P7S_UW	
KAMAN_U09	posługuje się językiem oraz metodami analizy funkcjonalnej w zagadnieniach analizy matematycznej i jej zastosowaniach		P7S_UW	
KAMAN_U10	potrafi stosować metody algebraiczne (z naciskiem na algebrę liniową) w rozwiązywaniu problemów z różnych działów matematyki i zadań praktycznych		P7S_UW	
KAMAN_U11	zna różne rozkłady probabilistyczne i ich własności; potrafi je stosować w zagadnieniach praktycznych		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		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		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		P7S_UK, P7S_UO, P7S_UU	
KAMAN_U15	potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w		P7S_UW	

	konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki			
KAMAN_U16	rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów i procesów obliczeniowych		P7S_UW	
KAMAN_U17	potrafi konstruować algorytmy o dobrych własnościach numerycznych, służące do rozwiązywania typowych i nietypowych problemów matematycznych		P7S_UW	
KAMAN_U18	umie stosować metody komputerowo wspomaganego dowodzenia twierdzeń oraz logicznego wspomaganie weryfikacji i specyfikacji programów		P7S_UW	
KAMAN_U19	potrafi wyznaczać optymalne decyzje statystyczne w złożonych modelach statystyki matematycznej		P7S_UW	
KAMAN_U20	umie wykorzystywać metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej		P7S_UW	
KAMAN_U21	potrafi wykorzystywać profesjonalne pakiety statystyczne do analizy statystycznej		P7S_UW	
KAMAN_U22	ma umiejętności językowe w zakresie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów		P7S_UK	
KAMAN_U23	potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski		P7S_UW	
KAMAN_U24_inż	potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich metody analityczne oraz symulacyjne		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U25_inż	potrafi wykorzystać metody matematyczne i ocenić ich przydatność do rozwiązania prostych zadań inżynierskich		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U26_inż	potrafi — przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich — dostrzegać ich aspekty pozatechniczne		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U27_inż	potrafi dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U28_inż	potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejącego rozwiązania technicznego		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U29_inż	potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich		P7S_UW	P7S_UW
KAMAN_U30_inż	potrafi zasymulować proces odzwierciedlający zachowania obserwowane w problemach inżynierskich, używając właściwych metod i narzędzi		P7S_UW	P7S_UW
<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		P7S_KR	
KAMAN_K07	potrafi formułować opinie na temat podstawowych zagadnień matematycznych		P7S_KK	
KAMAN_K08	ma potrzebę poznawania innych dziedzin nauki, także w zakresie przedmiotów humanistycznych		P7S_KK	
KAMAN_K09	dba o zachowanie sprawności fizycznej oraz kondycji przydatnej w pracy zawodowej		P7S_KR	
KAMAN_K10_inż	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej,		P7S_KO	
KAMAN_K11	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy		P7S_KO	

## Specjalność 'Financial and Actuarial Mathematics'

Symbol specjalnościowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla specjalności 'Financial and Actuarial Mathematics' Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do ogólnych charakterystyk efektów		
		Uniwersalna charakterystyka 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 7 PRK, umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich
<b>WIEDZA (W)</b>				
SFAM_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą matematyki finansowej i ubezpieczeniowej, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tych dziedzinach		P7S_WG	
SFAM_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tych obszarach		P7S_WG	
SFAM_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki finansowej i ubezpieczeniowej		P7S_WG	
<b>UMIEJĘTNOŚCI (U)</b>				
SFAM_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z matematyką finansową i ubezpieczeniową		P7S_UW	
SFAM_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących matematyki finansowej i ubezpieczeniowej		P7S_UW	
SFAM_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tych obszarach		P7S_UW	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)</b>				
SFAM_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z finansami i ubezpieczeniami		P7S_KR	
SFAM_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy		P7S_KO	



## Specjalność ‘Mathematics for Industry and Commerce’

Symbol specjalnościowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla specjalności ‘Mathematics for Industry and Commerce’ Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do ogólnych charakterystyk efektów		
		Uniwersalna charakterystyka 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 7 PRK, umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich
<b>WIEDZA (W)</b>				
SMIC_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą matematyki przemysłowej, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tej dziedzinie		P7S_WG	
SMIC_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tym obszarze		P7S_WG	
SMIC_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki przemysłowej		P7S_WG	
<b>UMIĘTNOŚCI (U)</b>				
SMIC_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z matematyką przemysłową		P7S_UW	
SMIC_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących matematyki przemysłowej		P7S_UW	
SMIC_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tym obszarze		P7S_UW	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)</b>				
SMIC_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z matematyką przemysłową		P7S_KR	
SMIC_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy		P7S_KO	

## Specjalność 'Data Engineering'

Symbol specjalnościowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla specjalności 'Data Engineering' Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do ogólnych charakterystyk efektów		
		Uniwersalna charakterystyka pierwszego stopnia (U)	Charakterystyki drugiego stopnia typowe dla kwalifikacji uzyskiwanych w ramach szkolnictwa wyższego (S)	Charakterystyki dla kwalifikacji na poziomie 7 PRK
<b>WIEDZA (W)</b>				
SDAT_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą inżynierii danych, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tej dziedzinie		P7S_WG	
SDAT_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tym obszarze		P7S_WG	
SDAT_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów inżynierii danych		P7S_WG	
<b>UMIĘTNOŚCI (U)</b>				
SDAT_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z inżynierią danych		P7S_UW	
SDAT_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących inżynierii danych		P7S_UW	
SDAT_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tym obszarze		P7S_UW	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)</b>				
SDAT_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z inżynierią danych		P7S_KR	
SDAT_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy		P7S_KO	

## Specjalność 'Modelling, Simulation, Optimization'

Symbol specjalnościowych efektów uczenia się	Opis efektów uczenia się dla specjalności 'Modelling, Simulation, Optimization' Po ukończeniu kierunku studiów absolwent:	Odniesienie do ogólnych charakterystyk efektów		
		Uniwersalna charakterystyka 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 7 PRK, umożliwiających uzyskanie kompetencji inżynierskich
<b>WIEDZA (W)</b>				
SMSO_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą modelowania, symulacji i optymalizacji, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tych dziedzinach		P7S_WG	
SMSO_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tych obszarach		P7S_WG	
SMSO_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów modelowania, symulacji i optymalizacji		P7S_WG	
<b>UMIEJĘTNOŚCI (U)</b>				
SMSO_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z modelowaniem, symulacjami i optymalizacją		P7S_UW	
SMSO_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących modelowania, symulacji i optymalizacji		P7S_UW	
SMSO_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tych obszarach		P7S_UW	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE (K)</b>				
SMSO_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z modelowaniem, symulacjami i optymalizacją		P7S_KR	
SMSO_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy		P7S_KO	

## OPIS PROGRAMU STUDIÓW

Kierunek studiów: Applied Mathematics

Profil: ogólnoakademicki

Poziom studiów: studia drugiego stopnia, magisterskie

Forma studiów: stacjonarna

## 1. Opis ogólny

1.1 Liczba semestrów: 3	1.2 Całkowita liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów na danym poziomie: 90
1.3 Łączna liczba godzin zajęć: 54	1.4 Wymagania wstępne (w szczególności w przypadku studiów drugiego stopnia): 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.
1.5 Tytuł zawodowy nadawany po zakończeniu studiów: magister inżynier	1.6 Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia: 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) posługiwania się zaawansowanymi narzędziami informatycznymi przy rozwiązywaniu teoretycznych i praktycznych problemów matematycznych; (4) samodzielnego poszerzania wiedzy matematycznej w zakresie

	<p>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: W (wiedza) = 35, U (umiejętności) = 42, K (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**

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

**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.

**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 ogólnouczeniowych lub na innym kierunku studiów (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem O) 8 punktów 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 <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu uczenia się	Liczba godzin		Liczba pkt. ECTS			Forma <sup>2</sup> kursu/ grupy kursów	Spo- sób <sup>3</sup> zali- czenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZ U	CNPS	łącna	zajęc DN <sup>5</sup>	zajęc BU <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <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 ( <b>GK</b> )	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 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	180	6	3	3	T	E (w)		DN	P(2)	PD, S(MIC)
		Razem							60	180	6	3	3					2	

<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 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	łącznie	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
		Life Insurance Models (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W22_inż KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06_inż SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01	60	150	5	3	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 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

		Optimization theory (GK)	2	2				SFAM K02 KAMAN_W01 KAMAN_W02 KAMAN_W03 KAMAN_W06 KAMAN_W07 KAMAN_W08 KAMAN_W10 KAMAN_W15 KAMAN_U01 KAMAN_U11 KAMAN_U19 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U29_inż KAMAN_K01 KAMAN_K02 KAMAN_K06 KAMAN_K07 KAMAN_K03 KAMAN_K04 KAMAN_K05 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02	60	180	6	3	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03	60	150	5	3	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (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 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

									SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02										
										240	630	21	12	12					8

## 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	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>
		Przedmiot społeczny/Social course	2					KAMAN_W19_inż, KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27_inż KAMAN_K08, KAMAN_K10_inż, KAMAN_K11	30	75	3		3	T		O			KO
		Przedmiot humanistyczny/Humanities course	2					KAMAN_W19_inż, KAMAN_W23, KAMAN_U22 KAMAN_U27_inż KAMAN_K08, KAMAN_K10_inż, KAMAN_K11	15	50	2		2	T		O			KO
		Razem	4						45	125	5		5						

<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

#### 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	Spo- sób <sup>3</sup> zali- czenia	Kurs/grupa kursów			
			w	ć	l	p	s		ZZU	CNPS	łącna	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <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
		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

<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

## 4.2.2 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	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>
1		Financial risk management (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	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_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03	60	150	5	3	3	T	E(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 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

							SFAM_K01 SFAM_K02 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02											
3		Insurance models for industry <b>(GK)</b>	2		2		KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
4		Reserves in life and non-life insurance <b>(GK)</b>	2		2		KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM)
5		Risk management in insurance <b>(GK)</b>	2			2	KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż	60	150	5	3	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 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

							KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02											
6		Numerical methods in differential equations (GK)	2		2		KAMAN_W03 KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U28_inż KAMAN_U29_inż KAMAN_U16 KAMAN_K06 KAMAN_K01 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
8		Perturbation Methods (GK)	2		2		KAMAN_W04 KAMAN_W10	60	150	5	3	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 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

								KAMAN_U15 KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02											
9		Applied Functional analysis (GK)	2		2			KAMAN_W03 KAMAN_W07 KAMAN_U09 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
10		Nonlinear Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04 KAMAN_W10 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	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,	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC, 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



								KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_W08, KAMAN_W10, KAMAN_W12 KAMAN_U16, KAMAN_U17 KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02										
12		Free boundary problems (GK)	2	2				60	150	5	3	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 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

								SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02											
13		Diffusion processes on complex networks <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_U23 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
14		Analysis of unstructured data <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
15		Statistical Packages <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W02, KAMAN_W04, KAMAN_W08, KAMAN_W16 KAMAN_W13 KAMAN_W12, KAMAN_W18 KAMAN_U11,	60	150	5	3	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

<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



17		Estimation theory (GK)	2	2			SMSO_K02 KAMAN_W04, KAMAN_W15, KAMAN_W16, KAMAN_W18 KAMAN_W13 KAMAN_W12, KAMAN_U11, KAMAN_U12 KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U02, KAMAN_K06 KAMAN_K01 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03	60	150	5	3	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

							SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02											
19		Queues and Communication Networks <b>(GK)</b>	2	2			KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24 KAMAN_U25 KAMAN_K06 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
20		Advanced Topics in Dynamic Games <b>(GK)</b>	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U26_inż, KAMAN_U27_inż KAMAN_K01, KAMAN_K04, KAMAN_K05, KAMAN_K07 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03	60	150	5	3	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

							SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02											
21		Operations Research <b>(GK)</b>	2		2		KAMAN_W04 KAMAN_W08, KAMAN_W11, KAMAN_W21 KAMAN_U10 KAMAN_U15, KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K05 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MSO)
22		Optimal control <b>(GK)</b>	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K01, KAMAN_K02, KAMAN_K03, KAMAN_K04,	60	150	5	3	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

								KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K07 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02											
23		Introduction to big data analytics (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
24		Data Mining (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
25		Machine Learning (GK)	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21,	60	150	5	3	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

<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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06	30	60	2	1	1	T	Z		DN	P(2)	S
		Razem					2		60	750	2	15	6					2	

### 4.4 Blok „praca dyplomowa”

Typ pracy dyplomowej	<b>magisterska</b>		
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>	5		

<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 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

Liczba punktów ECTS DN <sup>5</sup>	14
--	----

### 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
praktyka	raport z praktyki
praca dyplomowa	przygotowana praca dyplomowa

### 6. Zakres egzaminu dyplomowego

Wiedza, umiejętności i kompetencje przekazywane podczas studiów

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

-----

### 8. Plan studiów (załącznik nr 4)

<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

Zaopiniowane przez właściwy organ uchwalodawczy Samorządu Studenckiego:

10.11.20

Data



Samorząd Studencki  
Wydziału Matematyki

MARTA KRO CZAK *Krocak*

Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

10.11.20

Data

**DZIEKAN**  
Wydziału Matematyki

*Marcin Magdziarz*  
**prof. dr hab. inż. Marcin Magdziarz**

(4)

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

Przyporządkowany do dyscypliny: matematyka

POZIOM KSZTAŁCENIA: studia drugiego stopnia, magisterskie

FORMA STUDIÓW: stacjonarna

PROFIL: ogólnoakademicki

JĘZYK PROWADZENIA STUDIÓW: angielski

**Obowiązuje od roku akademickiego 2020/2021**

# 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	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 (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_W16 KAMAN_W17 KAMAN_W18 KAMAN_U15 KAMAN_U20 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	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_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K01 KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03	60	180	6	3	3	T	E (w)		DN	P(2)	PD, 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



## 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	15	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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U29_inż KAMAN_K01 KAMAN_K02 KAMAN_K06 KAMAN_K07	60	180	6	3	3	T	E(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







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	zajęć DN <sup>5</sup>	zajęć BU <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <sup>4</sup>	zw. z dział. nauk <sup>5</sup>	o char. prak <sup>6</sup>	rodzaj <sup>7</sup>
		Kurs specjalnościowy wybieralny/Optional specialization course							60	150	5	3	3	T			DN	P(2)	S
		Diploma Thesis							30	690	23	14	5	T	Z		DN	P(20)	S
							KAMAN_W03 KAMAN_W04 KAMAN_W05 KAMAN_W09 KAMAN_W12 KAMAN_W14 KAMAN_W20_inż KAMAN_W21_inż KAMAN_U02 KAMAN_U03 KAMAN_U04 KAMAN_U05 KAMAN_U07 KAMAN_U10 KAMAN_U12 KAMAN_U13 KAMAN_U14 KAMAN_U15 KAMAN_U21 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U26_inż KAMAN_U28_inż KAMAN_U30_inż KAMAN_K06												
		Razem							90	840	28	17	8					22	

<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

**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	18	9

**2. Zestaw egzaminów w układzie semestralnym**

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

<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

### 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	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>
1		Financial risk management (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	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,	60	150	5	3	3	T	E(w)		DN	P(2)	S (FAM, Dat)

<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, 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 o charakterze praktycznym

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



							SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02											
5		Risk management in insurance (GK)	2			2	KAMAN_W03 KAMAN_W09 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SFAM_W01 SFAM_W02 SFAM_W03 SFAM_U01 SFAM_U02 SFAM_U03 SFAM_K01 SFAM_K02	60	150	5	3	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_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_U28_inz KAMAN_U29_inz KAMAN_U16 KAMAN_K06 KAMAN_K01 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	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_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02	60	150	5	3	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

								SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02											
8		Perturbation Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04 KAMAN_W10 KAMAN_U15 KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
9		Applied Functional analysis (GK)	2		2			KAMAN_W03 KAMAN_W07 KAMAN_U09 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
10		Nonlinear Methods (GK)	2		2			KAMAN_W04 KAMAN_W10 KAMAN_U15 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K06 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC)
11		Introduction to Inverse Problems (GK)	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W06, KAMAN_W07,	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (MIC, 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_W13 KAMAN_U04, KAMAN_U05, KAMAN_U06, KAMAN_U09 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_W08, KAMAN_W10, KAMAN_W12 KAMAN_U16, KAMAN_U17 KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01 SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02											
12		Free boundary problems (GK)	2	2				KAMAN_W03 KAMAN_W10 KAMAN_U15, KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_U28, KAMAN_U29 KAMAN_U16 KAMAN_K06 KAMAN_K01 SMIC_W01 SMIC_W02 SMIC_W03 SMIC_U01	60	150	5	3	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



								SMIC_U02 SMIC_U03 SMIC_K01 SMIC_K02											
13		Diffusion processes on complex networks <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W04, KAMAN_W09 KAMAN_U23 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
14		Analysis of unstructured data <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (Dat)
15		Statistical Packages <b>(GK)</b>	2		2			KAMAN_W02, KAMAN_W04, KAMAN_W08, KAMAN_W16 KAMAN_W13 KAMAN_W12, KAMAN_W18 KAMAN_U11, KAMAN_U15, KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24_inż	60	150	5	3	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

<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

16		Computer simulations of stochastic processes (GK)	2		2												DN	P(2)	S (Dat, MSO)
17		Estimation theory (GK)	2		2												DN	P(2)	S (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_U11, KAMAN_U12 KAMAN_U20, KAMAN_U21 KAMAN_U24_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_U02, KAMAN_K06 KAMAN_K01 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02											
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_inż KAMAN_U25_inż KAMAN_K05, KAMAN_K06 KAMAN_K03, KAMAN_K04 SMSO_W01 SMSO_W02 SMSO_W03 SMSO_U01 SMSO_U02 SMSO_U03 SMSO_K01 SMSO_K02	60	150	5	3	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	60	150	5	3	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_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02											
24		Data Mining (GK)	2		2		KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT)
25		Machine Learning (GK)	2		2		KAMAN_W12 KAMAN_U21, KAMAN_U20 KAMAN_U24_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K02, KAMAN_K06 SDAT_W01 SDAT_W02 SDAT_W03 SDAT_U01 SDAT_U02 SDAT_U03 SDAT_K01 SDAT_K02	60	150	5	3	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_inz KAMAN_U25_inz KAMAN_K02,	60	150	5	3	3	T	Z(w)		DN	P(2)	S (DAT, 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_K06											
								SDAT_W01											
								SDAT_W02											
								SDAT_W03											
								SDAT_U01											
								SDAT_U02											
								SDAT_U03											
								SDAT_K01											
								SDAT_K02											
								SMSO_W01											
								SMSO_W02											
								SMSO_W03											
								SMSO_U01											
								SMSO_U02											
								SMSO_U03											
								SMSO_K01											
								SMSO_K02											
								Razem	1560	3900	130	78	78					52	

Opinia właściwego organu Samorządu Studenckiego



10.11.20

MARTA KROCIK *Krociak*

Data

Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

10.11.20

**DZIEKAN**  
Wydziału Matematyki  
*Marcin Magdziarz*  
**prof. dr hab. inż. Marcin Magdziarz**  
(4)

Data

Podpis Dziekana / dyrektora filii

<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, 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 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 MAT001569**

**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*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] 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. Gooveaerts, 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 (IMIE, 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))

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: METODY NUMERYCZNE W RÓWNANIACH RÓŻNICZKOWYCH</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Numerical methods in differential equations</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Mathematics for Industry and Commerce</b>	
<b>Stopień studiów i forma: II stopień*, stacjonarna / <del>niestacjonarna*</del></b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: <del>obowiązkowy</del> / wybieralny / <del>ogólnouczelniany*</del></b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001570</b>	
<b>Grupa kursów: TAK / <del>NIE*</del></b>	

	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		

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Student ma podstawową wiedzę i umiejętności z zakresu analizy matematycznej</li> <li>2. Posiada podstawową znajomość środowisk programistycznych Matlab/Mathematica/Maple</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
<p>C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu metod numerycznych stosowanych w równaniach różniczkowych.</p> <p>C2 Poznanie podstawowych technik numerycznych stosowanych w dyskretyzacji równań różniczkowych.</p> <p>C3 Nabycie podstawowych umiejętności w konstruowaniu i analizowaniu schematów różnicowych dla równań różniczkowych.</p>

\*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 eliptycznego.	2
Wy10	Metoda Ritza-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</b> (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	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

#### **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: 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: MAT001571**  
**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*F1+0.5*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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Prof. dr hab. Wojciech Okrański (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)**  
**Dr inż. Łukasz Płociniczak (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: MAT001572**  
**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)**

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

**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: MAT001573**  
**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)**

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

\*\* - z tabeli powyżej

**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: MAT001574**  
**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:** 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:** MAT001575  
**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 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:** MAT001576  
**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>
<b>Dr hab. Jan Goncerzewicz (Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl)</b>

**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: MAT001577**  
**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: 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: MAT001578**

**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: PAKIETY STATYSTYCZNE**  
**Nazwa w języku angielskim: Statistical Packages**  
**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: MAT001579**  
**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 rachunku prawdopodobieństwa.
2. Zna podstawowe pojęcia statystyki matematycznej.

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstawowych metod analizy danych.
- C2 Nabycie umiejętności analizy danych za pomocą pakietów statystycznych.
- C3 Nabycie umiejętności pisania raportów z analiz statystycznych.
- C4 Nabycie umiejętności posługiwania się językiem angielskim w stopniu umożliwiającym wykonanie analiz statystycznych i napisanie raportów z tych analiz.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY UCZENIA SIĘ

Z zakresu wiedzy student:

PEU\_W01 ma pogłębioną wiedzę z zakresu statystycznej analizy zależności pomiędzy zmiennymi w bazach danych

PEU\_W02 zna język angielski stosowany w analizie statystycznej

PEU\_W03 zna metody wykorzystania pakietów statystycznych do analizy danych

Z zakresu umiejętności student:

PEU\_U01 potrafi wykorzystać pakiet statystyczny do analizy danych

PEU\_U02 potrafi napisać raport z analizy statystycznej w języku angielskim

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEU\_K01 potrafi przełożyć pytania dotyczące rzeczywistych zjawisk na precyzyjny język matematyczny

PEU\_K02 potrafi przedstawić wyniki badań statystycznych w sposób zrozumiały dla niematematyków

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć – wykłady		Liczba godzin
Wy1	Statystyki opisowe. Graficzna reprezentacja danych.	2
Wy2	Porównanie dwóch populacji – test Studenta, testy nieparametryczne.	2
Wy3	Estymacja proporcji. Test chi-kwadrat zgodności.	2
Wy4	Tablice dwudzielcze. Test chi-kwadrat niezależności.	2
Wy5	Prosta regresja liniowa – model, estymacja, testowanie.	2
Wy6	Prosta regresja liniowa – predykcja, sprawdzanie założeń, transformacje	2
Wy7	Kolokwium	2
Wy8	Regresja liniowa wieloraka – estymacja, testowanie, sprawdzanie założeń	2
Wy9	Regresja liniowa wieloraka – analiza wariancji, współczynnik determinacji	2
Wy10	Regresja liniowa wieloraka – sumy kwadratów, uogólnione testy liniowe	2
Wy11	Regresja liniowa wieloraka – skorelowane predykatory, kryteria wyboru modelu	2
Wy12	Jednoczynnikowa analiza wariancji – model, estymacja parametrów, testowanie.	2
Wy13	Wieloczynnikowa analiza wariancji.	2
Wy14	Modele mieszane i uogólnione modele liniowe.	2
Wy15	Kolokwium	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć – laboratorium		Liczba godzin
La1	Zapoznanie się z wybranym pakietem statystycznym.	2

La2	Statystyki opisowe i graficzna reprezentacja danych.	4
La3	Problem dwóch prób – testy Studenta, testy nieparametryczne, testowanie normalności, graficzna reprezentacja danych	4
La4	Testy i przedziały ufności dla proporcji – test dla pojedynczej proporcji, test zgodności chi-kwadrat, test niezależności chi-kwadrat, graficzna reprezentacja danych	4
La5	Prosta regresja liniowa – estymacja, predykcja, moc, graficzna reprezentacja danych i wyników	4
La6	Prosta regresja liniowa – diagnostyka, transformacje zmiennych	4
La7	Regresja liniowa wieloraka – estymacja, predykcja, testowanie, diagnostyka, wybór istotnych zmiennych	4
La8	Analiza wariancji – estymacja, testowanie, porównania między grupami, diagnostyka	4
	Suma godzin	<b>30</b>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

1. Wykład problemowy – prezentacja komputerowa i metoda tradycyjna.
2. Laboratoria komputerowe – samodzielna analiza danych, raporty z analiz.
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_U01 PEU_K01 PEU_K02	sprawozdania z laboratoriów
F2	PEU_W01 PEU_U01 PEU_K01 PEU_K02	dwa kolokwia
P=0,5 F1+0,5 F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] D. S. Moore, G.P. McCabe, Introduction to the Practise of Statistics  
 [2] M. H. Kutner, C. J. Nachstheim, J. Neter, W. Li, Applied Linear Statistical Models.

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] R. Freund, R. Littell, SAS System for Regression

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

**Dr hab. Małgorzata Bogdan** (Małgorzata.Bogdan@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: MAT001580**

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

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

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: TEORIA ESTYMACJI</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Estimation theory</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): DATA ENGINEERING</b>	
<b>Stopień studiów i forma: II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: <del>obowiązkowy</del> / wybieralny / <del>ogólnouczelniany</del>*</b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001581</b>	
<b>Grupa kursów: 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		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		

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Student umie korzystać z pakietów statystycznych</li> <li>2. Ma podstawową wiedzę ze statystyki matematycznej.</li> <li>3. Ma podstawową wiedzę z analizy matematycznej i analizy funkcjonalnej.</li> <li>4. Posiada podstawowe umiejętności programistyczne.</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
<p>C1 Poznanie statystycznych kryteriów oceny jakości estymacji statystycznej.</p> <p>C2 Poznanie podstawowych metod estymacji parametrycznej i ich własności.</p> <p>C3 Poznanie podstawowych metod estymacji nieparametrycznej i ich własności.</p> <p>C4 Umiejętność zaprogramowania zaawansowanych metod statystycznych.</p> <p>C5 Umiejętność przeprowadzenia badań symulacyjnych.</p> <p>C6 Umiejętność oceny własności metod statystycznych w oparciu o badania</p>

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	2

	największej wiarygodności z wygładzaniem	
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*F1+0,25*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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr hab. Małgorzata Bogdan (Malgorzata.Bogdan@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: MAT001582**  
**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
$P=0.2 \cdot F1 + 0.8 \cdot F2$		

### 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)

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: TEORIA KOLEJEK I SIECI KOMUNIKACYJNE</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Queues and Communication Networks</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION</b>	
<b>Stopień studiów i forma: II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: <del>obowiązkowy</del>/ wybieralny / <del>ogólnouczelniany</del>*</b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001583</b>	
<b>Grupa kursów: TAK / <del>NIE</del>*</b>	

	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			

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
1. Student posiada elementarną wiedzę z Rachunku Prawdopodobieństwa

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
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*F1+0.5*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)

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>
<b>Nazwa w języku polskim ZAAWANSOWANE ZAGADNIENIA Z TEORII GIER DYNAMICZNYCH</b>
<b>Nazwa w języku angielskim ADVANCED TOPICS IN DYNAMIC GAMES</b>
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): <b>Applied Mathematics</b>
Specjalność (jeśli dotyczy): <b>Modelling, Simulation, Optimization</b>
Stopień studiów i forma: <b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
Rodzaj przedmiotu: <b>obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>
Kod przedmiotu <b>MAT001584</b>
Grupa kursów <b>TAK</b>

	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				

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podstawy algebry, analizy matematycznej i rachunku prawdopodobieństwa.</li> <li>2. Podstawy z teorii gier.</li> </ol>

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

\*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: 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: MAT001585**  
**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

### TREŚCI 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 MAT001586**

**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-/ 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 rozwiązania 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>

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

## 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_W03 PEU_W04 PEU_K01 PEU_K02	odpowiedzi ustne, kartkówki
F2	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_W04 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	kolokwium
$P=0,4 \cdot F1 + 0,6 \cdot F2$		

### 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 (IMIĘ, 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>	
Nazwa w języku polskim: <b>WSTĘP DO ANALIZY DUŻYCH WOLUMENÓW DANYCH</b>	
Nazwa w języku angielskim: <b>INTRODUCTION TO BIG DATA ANALYTICS</b>	
1. Kierunek studiów (jeśli dotyczy): <b>APPLIED MATHEMATICS</b>	
Specjalność (jeśli dotyczy): <b>DATA ENGINEERING</b>	
Stopień studiów i forma: <b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>	
Rodzaj przedmiotu: <b>obowiązkowy- / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>	
Kod przedmiotu: <b>MAT001587</b>	
Grupa kursów: <b><del>TAK</del> / NIE*</b>	

	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:** Teoria optymalizacji  
**Nazwa w języku angielskim:** Optimization Theory  
**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** MAT001588  
**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	90			
Forma zaliczenia	Egzamin/ zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	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			

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

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 – wykłady		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.	4
Wy7	Ograniczenia w postaci nierówności. Warunki optymalności Karusha-Kuhna-Tuckera.	2
Wy8	Programowanie kwadratowe. Algorytm Wolfe'a.	2
Wy9	Elementy analizy wypukłej. Twierdzenie o rzutowaniu na zbiór wypukły. Twierdzenie o hiperpłaszczyźnie podpierającej. Twierdzenie o hiperpłaszczyźnie rozdzielającej.	2
Wy10	Zadania optymalizacji na zbiorze wypukłym. Metoda Franka-Wolfe'a. Metoda rzutowania gradientu.	2
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.	2
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.	8
Ćw5.	Zastosowanie mnożników Lagrange'a oraz warunków Karusha-Kuhna-Tuckera do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych.	6
Ćw6.	Przykłady zadań programowania kwadratowego.	4
Ćw7.	Zastosowania twierdzeń analizy wypukłej do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych.	2
Ćw8.	Kolokwium	2
Suma godzin		<b>30</b>

<b>STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE</b>
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**

<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_W03 PEU_K01 PEU_K02	odpowiedzi ustne, kartkówki
F2	PEU_W01 PEU_W02 PEU_W03 PEU_U01 PEU_U02 PEU_U03 PEU_K01 PEU_K02 PEU_K03	kolokwium
$P=0,4 \cdot F1 + 0,6 \cdot F2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] S.P. Bradley, A.C. Hax, T.L. Magnanti, Applied Mathematical Programming, Addison-Wesley Publishing Company, 1977
- [2] D.P. Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific, Belmont, MA: 1999.
- [3] I. Nykowski, Programowanie liniowe, PWE Warszawa 1980.
- [4] W. Grabowski, Programowanie matematyczne, PWE Warszawa 1980.
- [5] R.S. Garfinkel, G.L. Nemhauser, Programowanie całkowitoliczbowe, PWN, 1978.
- [6] B. Martos, Programowanie nieliniowe, Warszawa: PWN, 1983.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [7] D.P. Bertsekas, A. Nedic, A.E. Ozdaglar, Convex Analysis and Optimization, Athena Scientific, Belmont, MA: 2003.
- [8] A. Ruszczyński, Nonlinear optimization, Princeton University Press, Princeton, NJ, 2006.
- [9] R. Dautray, J. L. Lions, Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Technology, Springer, Berlin 1988-1993.
- [10] S. Boyd, L. Vanderberghe, Convex Optimization, Cambridge University Press, 2004

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

Dr hab. inż. Anna Jaśkiewicz ([anna.jaskiewicz@pwr.edu.pl](mailto:anna.jaskiewicz@pwr.edu.pl))

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

**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 MAT001589**  
**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\_W08 zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia

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\_U23 potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski

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 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>	
1.	Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje
2.	Laboratorium problemowe – z zastosowaniem komputera
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_W08 PEU_W09	egzamin
F2	PEU_U23 PEU_K02 PEU_K06	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 (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>

**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: MAT001590**  
**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)					10
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego udziału nauczycieli lub innych osób prowadzących zajęcia (BU)					5

**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)

**Prof. dr hab. Wojciech Okrański** (Wojciech.Okrasinski@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)

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>SEMINARIUM DYPLOMOWE</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Diploma Seminar</b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b>APPLIED MATHEMATICS</b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS; MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE; DATA ENGINEERING; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / <del>wybieralny</del> / <del>ogólnouczelniany</del>*</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001591</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b><del>TAK</del> / NIE*</b>

	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

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Student ma zaawansowaną wiedzę i umiejętności z zakresu analizy matematycznej, analizy funkcjonalnej i teorii równań różniczkowych</li> <li>2. Ma pogłębioną wiedzę i umiejętności z zakresu rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej i teorii procesów stochastycznych</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
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
Sel	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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)

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

**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** MAT001682  
**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 (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

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



WYDZIAŁ W13	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku polskim: Pozyskiwanie wiedzy</b>	
<b>Nazwa przedmiotu w języku angielskim: Data mining</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): Applied Mathematics</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Data engineering</b>	
<b>Poziom i forma studiów: II stopień / stacjonarna /</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: wybieralny</b>	
<b>Kod przedmiotu: .....</b>	
<b>Grupa kursów: TAK</b>	

	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

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rachunek prawdopodobieństwa</li> <li>2. Statystyka</li> <li>3. Programowanie</li> </ol>

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
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 nauki, techniki i ekonomii

### 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

Forma zajęć - wykład		Liczba godzin
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 wspierających (SVM)	2
Wy8	Rodziny klasyfikatorów: bagging, boosting, random forest	2
Wy9	Odkrywanie reguł asocjacyjnych	2
Wy10	Test końcowy	2
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - laboratorium		Liczba godzin
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 wspierających (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 ...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

## 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



<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: MATEMATYKA FINANSOWA</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Economathematics</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): Financial and Actuarial Mathematics</b>	
<b>Stopień studiów i forma: II stopień*, stacjonarna / <del>niestacjonarna*</del></b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / <del>wybieralny</del> / <del>ogólnouczelniany*</del></b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001562</b>	
<b>Grupa kursów: 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	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			

<b>WYMAGANIA WSTĘPNE W ZAKRESIE WIEDZY, UMIEJĘTNOŚCI I INNYCH KOMPETENCJI</b>
1. Student posiada elementarną wiedzę na temat rynków finansowych i dyskretnych modeli matematyki finansowej

<b>CELE PRZEDMIOTU</b>
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 (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

**Dr hab. Marcin Magdziarz (Marcin.Magdziarz@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: MAT001563**

**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 (drgania 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)

**Prof. dr hab. Wojciech Okrański** ([wojciech.okrasinski@pwr.edu.pl](mailto:wojciech.okrasinski@pwr.edu.pl))  
**dr inż. Łukasz Płociniczak** ([lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl](mailto:lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl))

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: MODELE UBEZPIECZEŃ ŻYCIOWYCH**  
**Nazwa w języku angielskim: Life insurance models**  
**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: MAT001564**  
**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.

**CELE PRZEDMIOTU**

C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu ubezpieczeń życiowych

\*niepotrzebne skreślić

### 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 - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Rozkład przyszłego czasu trwania życia, w tym prawdopodobieństwo śmierci i przeżycia, natężenie zgonów.	2
Wy2	Tablice trwania życia	2
Wy3	Założenia dla wieków ułamkowych	2
Wy4	Analityczne prawa umieralności	2
Wy5	Modele wielostanowe oraz metody estymacji rozkładu trwania życia (w tym estymatory Nelsona-Aalena i Kaplana-Meiera)	4
Wy6	Ubezpieczenia płatne w momencie śmierci i na koniec roku śmierci	3
Wy7	Renty – przypadek dyskretny i ciągły	3
Wy8	Składki netto w ubezpieczeniach ciągłych i dyskretnych	4
Wy9	Funkcje komutacyjne	2
Wy10	Składki brutto	2
Wy11	Plany emerytalne	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie, rozwiązywanie zadań z egzaminu na aktuarusza	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] 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 (IMIĘ, 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: 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 MAT001565**  
**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: Finanse Obliczeniowe**  
**Nazwa w języku angielskim: Computational Finance**  
**Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS**  
**Specjalność (jeśli dotyczy): FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS,  
DATA ENGINEERING**  
**Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\***  
**Rodzaj przedmiotu: ~~obowiązkowy~~ / wybieralny / ~~ogólnouczelniany~~\***  
**Kod przedmiotu: MAT001566**  
**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 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

\*niepotrzebne skreślić

### 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
Wy1-2	Instrumenty pochodne: kontrakty forward, futures, wymiany i opcje. Konstrukcja portfeli i wycena. Analiza wrażliwości.	4
Wy3-4	Wycena opcji na drzewkach: drzewka CRR, JR i „dokładne”. Strategie zabezpieczające. Drzewka trójmianowe.	4
Wy5-6	Wycena opcji zależnych od trajektorii na drzewkach.	4
Wy7-8	Monte Carlo (MC): schematy Eulera i Milsteina, redukcja wariancji, zmienne skorelowane, liczby quasi-losowe.	4
Wy9-10	Wycena opcji amerykańskich metodą MC.	4
Wy11-12	Schematy różnicowe: jawny, ukryty, Cranka-Nicolsona, hopscotch.	4
Wy13-14	Metoda równań różniczkowych cząstkowych.	4
Wy15	Test zaliczeniowy.	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

1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna.
2. Laboratoria – metoda tradycyjna.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW UCZENIA SIĘ

Oceny (F – formująca	Numer efektu	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
----------------------	--------------	---

(w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	kształcenia	
F1	PEU_W01 PEU_W02	Kolokwium
F2	PEU_U01 PEU_K01	Odpowiedzi ustne, kartkówki, projekty.
P=0.5F1+0.5F2		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] J. Hull (2008) Options, Futures and Other Derivatives (7th Edition), Prentice Hall
- [2] J. London (2005) Modeling Derivatives in C, Wiley
- [3] A. Weron, R. Weron (1998, ..., 2009) Inżynieria finansowa, WNT.

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [4] Z. Bodie, A. Kane, A.J. Marcus (2007) Essentials of Investments (6th ed.), McGraw-Hill
- [5] M. Capiński, T. Zastawniak (2003) Mathematics for Finance: An Introduction to Financial Engineering, Springer
- [6] P. Cizek, W. Härdle, R. Weron, eds. (2011) Statistical Tools for Finance and Insurance, Springer
- [7] J. Franke, W. Härdle, C. Hafner (2005) Introduction to Statistics of Financial Markets, Springer
- [8] P. Glasserman (2004) Monte Carlo Methods in Financial Engineering, Springer
- [9] P. Wilmott (2000) Paul Wilmott on Quantitative Finance, Wiley

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

**Prof. dr hab. Rafał Weron** (rafal.weron@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: MAT001567**  
**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 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
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni, Actuarial Mathematics, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.
- [2] 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 (IMIĘ, 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: 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: MAT001568**

**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 Wyplacalność 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 aktuariusza	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 (IMIE, 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))