

## PROGRAM KSZTAŁCENIA

WYDZIAŁ: MATEMATYKI

KIERUNEK: **Applied Mathematics**

Studia w j. angielskim

z obszaru nauk **ściślych**

POZIOM KSZTAŁCENIA: I/ II \* stopień, studia ~~licencjackie~~ / ~~inżynierskie~~ / magisterskie\*

FORMA STUDIÓW: stacjonarna / ~~niestacjonarna~~\*

PROFIL: ogólnoakademicki / ~~praktyczny~~\*

Zawartość:

1. Zakładane efekty kształcenia – zał. nr 1.....
2. Program studiów – zał. nr 2.....

Uchwała Rady Wydziału z dnia .....22.05.2018r......

Obowiązuje od .....25.02.2019r......

\*niepotrzebne skreślić

## PROGRAM STUDIÓW dla kierunku studiów Applied Mathematics

## 1. Opis

<i>Liczba semestrów: 3</i>	<i>Liczba punktów ECTS konieczna do uzyskania kwalifikacji: 90</i>
<p><i>Wymagania wstępne:</i>  <b>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.</b></p>	<p><i>Po ukończeniu studiów absolwent uzyskuje</i>  <i>tytuł zawodowy: ... magister inżynier ...</i>  <i>kwalifikacje I+II * stopnia</i></p>
<p><i>Możliwość kontynuacji studiów:</i>  <b>Studia III stopnia (doktoranckie)</b>  <b>Studia podyplomowe</b></p>	<p><i>Sylwetka absolwenta, możliwości zatrudnienia:</i>  <b>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</b></p>

	<p>teoretycznych i praktycznych problemów matematycznych;  (4) samodzielnego poszerzania wiedzy matematycznej w zakresie aktualnych wyników badań.</p> <p>Absolwent jest przygotowany do: (1) samodzielnej pracy w instytucjach wykorzystujących metody matematyczne do przetwarzania i analizy danych; (2) nauczania matematyki w szkołach wszystkich poziomów - po ukończeniu specjalności nauczycielskiej (zgodnie z odpowiednim rozporządzeniem ministra właściwego do spraw szkolnictwa wyższego w sprawie standardów kształcenia nauczycieli); (3) kontynuacji edukacji na studiach III stopnia (doktoranckich) lub podyplomowych.</p>
<p><i>Wskazanie związku z misją Uczelni i strategią jej rozwoju:</i></p> <p><b>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.</b></p>	

**2. Dziedziny nauki i dyscypliny naukowe, do których odnoszą się efekty kształcenia:**

Dziedzina nauk matematycznych: matematyka

Dziedzina nauk fizycznych: biofizyka, fizyka, geofizyka

**3. Zwięzła analiza zgodności zakładanych efektów kształcenia z potrzebami rynku pracy**

Matematyka stosowana jest podstawowym narzędziem używanym w nowoczesnych instytucjach finansowych, ubezpieczeniowych i przemysłowych wykorzystujących i tworzących nowatorskie technologie. Absolwenci kierunku Applied Mathematics są stale poszukiwani przez pracodawców z Dolnego Śląska, a także z innych regionów Polski oraz z zagranicy.

#### 4. Lista modułów zajęć:

##### Moduł **Kursy specjalnościowe obowiązkowe**

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształcenia	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		ZZ U	CNP S	łąc zna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczelniany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>
1	MAT001562Wc	Economathematics ( <b>GK</b> )	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_W16 K2MST_W17 K2MST_W18 K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E (w)		P(4)	S (FAM)	Ob.
2	MAT001563Wc	Partial differential equations with applications in physics and industry ( <b>GK</b> )	2	2				K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U06 K2MST_U08 K2MST_U09 K2MST_U15 K2MST_U16	60	180	6	3	T	E (w)		P(4)	S (MIC)	Ob

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

								K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02									
3	MAT001564Wc	Life Insurance Models <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_W22 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)	P(4)	S (FAM)	Ob
4	MAT001588Wc	Optimization theory <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W01 K2MST_W02 K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_W07 K2MST_W08 K2MST_W10 K2MST_W15 K2MST_U01 K2MST_U11 K2MST_U19	60	180	6	3	T	E(w)	P(4)	S (MSO)	Ob.

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

							K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U29 K2MST_K01 K2MST_K02 K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_K03 K2MST_K04 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02										
5	MAT001589W1	Agent-based modelling of complex systems (GK)	2		2		K2MST_W08, K2MST_W09 K2MST_W11 K2MST_U23 K2MST_U17 K2MST_U18 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	E (w)		P(4)	S (DAT)	Ob
6	MAT001591S	Diploma Seminar				2	K2MST_W03 K2MST_W09	30	60	2	1	T	Z		P(2)	S	Ob.

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



								K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02										
3	MAT001567W1	Insurance models for industry (GK)	2		2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
4	MAT001568Wc	Reserves in life and non-life	2	2				K2MST_W03	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



		insurance <b>(GK)</b>					K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02								(FAM)		
5	MAT001569Wp	Risk management in insurance <b>(GK)</b>	2			2	K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
6	MAT001570WI	Numerical methods in differential equations <b>(GK)</b>	2			2	K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25, K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mie_W01	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

							K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02										
7	MAT001571Wp	Introduction to applied fluid dynamics <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
8	MAT001572W1	Perturbation Methods <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
9	MAT001573W1	Applied Functional analysis <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U09	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

								K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02										
10	MAT001574WI	Nonlinear Methods <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
11	MAT001575WI	Introduction to Inverse Problems <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_W08, K2MST_W10, K2MST_W12	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC, MSO)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



							K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02										
13	MAT001577W1	Diffusion processes on complex networks <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
14	MAT001578Wp	Analysis of unstructured data <b>(GK)</b>	2			2	K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
15	MAT001579W1	Statistical Packages <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W02, K2MST_W04, K2MST_W08, K2MST_W16 K2MST_W13 K2MST_W12,	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



							K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02										
17	MAT001581WI	Estimation theory (GK)	2		2		K2MST_W04, K2MST_W15, K2MST_W16, K2MST_W18 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_U11, K2MST_U12 K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
18	MAT001582WI	Mathematical Image Processing (GK)	2		2		K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06,	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy





								K2MST_U07, K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_K01, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02										
21	MAT001585WI	Operations Research <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

22	MAT001586W1	Optimal control (GK)	2		2			K2MST_mso_K02 K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03 K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01 K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
23	MAT001587Wp	Introduction to big data analytics (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

								K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02										
24	INT001337W1	Data Mining (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W
25	INT001338W1	Machine Learning (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

							K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02										
26	MAT001682W1	Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2		K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02, K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT, MSO)	W
		Razem	52	10	36	6		1560	3900	130	78						

## 4.2. Lista modułów zajęć ogólnych:

### 4.2.1 Moduł *Przedmioty humanistyczne i społeczne*

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

L.p.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/ grupy kursów (dla grupy kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Kod kierun. efektu kształcenia	Liczba godzin ZZU	Liczba godzin CNPS	Liczba pkt. ECTS	Forma <sup>1</sup> kursu/ grupy kursów	Liczba pkt. ECTS zajęć BK <sup>2</sup>	Sposób <sup>3</sup> zali- czenia	Kurs/ grupa kursów Ogólno- uczelniany <sup>4</sup>	Kurs/ grupa kursów Prakty- czny <sup>5</sup>	Rodzaj <sup>6</sup> kursu/ grupy kursów	Typ <sup>7</sup> kursu/ grupy kursów
			w	ć	l	p	s											
1	EKT010017BK	PO-W13----ST-IIM-AN/15/NS	2					K2MST_W19, K2MST_W23, K2MST_U22 K2MST_U27 K2MST_K08, K2MST_K10, K2MST_K11	30	90	3	T	3	Z	O		KO	W
2	FLT010018BK	PO-W13----ST-IIM-AN/15/NH	1					K2MST_W19, K2MST_W23, K2MST_U22 K2MST_U27 K2MST_K08, K2MST_K10, K2MST_K11	15	60	2	T	2	Z	O		KO	W
Razem			3						45	150	5		5					

#### 4.2.2 Moduł Języki obce

L.p.	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/ grupy kursów (dla grupy kursów oznaczyć symbolem GK)	Tygodniowa liczba godzin					Kod kierun. efektu kształcenia	Liczba godzin ZZU	Liczba godzin CNPS	Liczba pkt. ECTS	Forma <sup>1</sup> kursu/ grupy kursów	Liczba pkt. ECTS zajęć BK <sup>2</sup>	Sposób <sup>3</sup> zali- czenia	Kurs/ grupa kursów Ogólno- uczelniany <sup>4</sup>	Kurs/ grupa kursów Prakty- czny <sup>5</sup>	Rodzaj <sup>6</sup> kursu/ grupy kursów	Typ <sup>7</sup> kursu/ grupy kursów
			w	ć	l	p	s											
1	JZL100709BK	Języki obce KRK II st.		1				K2MST_W13, K2MST_K06	15	30	1	T	1	Z	O	P	KO	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

2	JZL100710BK	Języki obce KRK II st.		3			K2MST_W13, K2MST_K06	45	60	2	T	2	Z	O	P	KO	W
		Razem		4				60	90	3		3					

#### 4.3 Moduł praktyk

Nazwa praktyki			
Liczba punktów ECTS	Liczba punktów ECTS zajęć BK <sup>1</sup>	Tryb zaliczenia praktyki	Kod
0	0	-	
Czas trwania praktyki	Cel praktyki		
-	-		

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

#### 4.4 Moduł praca dyplomowa

Typ pracy dyplomowej	licencjacka / inżynierska / magisterska	
Liczba semestrów pracy dyplomowej	Liczba punktów ECTS	Kod
1	23	MAT001590D
Charakter pracy dyplomowej		
Projekt wykorzystujący różne zastosowania matematyki dla rozwiązania problemu praktycznego		
Liczba punktów ECTS BK <sup>1</sup>	1	

Program studiów zawiera moduły zajęć wraz z należącymi do nich kursami, którym przypisano punkty ECTS. W szczególności, moduły kierunkowe, moduły wybieralne i moduł praca dyplomowa zawierają kursy związane z badaniami naukowymi prowadzonymi w dziedzinie Matematyka, którym przypisano punkty ECTS, w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS koniecznych do uzyskania kwalifikacji na drugim stopniu studiów, służące zdobywaniu przez studenta pogłębionej wiedzy oraz przygotowujące go do prowadzenia badań naukowych, jak również umożliwiające mu udział w tych badaniach.

#### 5. Sposoby weryfikacji zakładanych efektów kształcenia

Typ zajęć	Sposoby weryfikacji zakładanych efektów kształcenia
Wykład	egzamin, kolokwium
Ćwiczenia	kartkówki, test, kolokwium
Laboratorium	sprawozdanie z laboratorium
projekt	obrona projektu
seminarium	udział w dyskusji, prezentacja tematu, esej
praktyka	raport z praktyki

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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, e, l, s, p)

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

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

praca dyplomowa	przygotowana praca dyplomowa
-----------------	------------------------------

6. Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich i studentów (wpisać sumę punktów ECTS dla kursów/ grup kursów oznaczonych kodem BK<sup>1</sup>)

43 ECTS

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

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

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)

Łączna liczba punktów ECTS	73
----------------------------	----

9. Minimalna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać, realizując moduły zajęć oferowane na zajęciach ogólnouczelnianych lub na innym kierunku studiów (wpisać sumę punktów ECTS kursów/grup kursów oznaczonych kodem O)  
0.... punktów ECTS

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



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

**11. Zakres egzaminu dyplomowego**

Obejmuje problematykę pracy magisterskiej oraz podstawową wiedzę z przedmiotów kierunkowych i specjalnościowych.

**12. Wymagania dotyczące terminu zaliczenia określonych kursów/grup kursów lub wszystkich kursów w poszczególnych modułach**  
Terminy zaliczeń określa Regulamin studiów w Politechnice Wrocławskiej.

**13. Plan studiów (załącznik)**

Zaopiniowane przez wydziałowy organ uchwałodawczy samorządu studenckiego:

.....  
Data

*Aleandra Mach*  
.....  
Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

DZIEKAN  
Wydziału Matematyki  
*Henryk*  
Prof. dr hab. Krzysztof Stempak  
or

.....  
Data

.....  
Podpis dziekana

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO – kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

## PLAN STUDIÓW

**WYDZIAŁ: MATEMATYKI.**

**KIERUNEK: Applied Mathematics**

Studia w j. angielskim

**POZIOM KSZTAŁCENIA:** I-II \* stopień, studia licencjackie / inżynierskie / magisterskie\*

**FORMA STUDIÓW:** stacjonarna / niestacjonarna\*

**PROFIL:** ogólnoakademicki / praktyczny\*

Uchwała Rady Wydziału.....**MATEMATYKI**.....z dnia **22.05.2018 r.**

Obowiązuje od **25.02.2019 r.**.....

\*niepotrzebne skreślić

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

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

## Semestr 1

### Kursy specjalnościowe obowiązkowe

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształ- cenia	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	CNP S	łącna	zajęc BK <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>
1	MAT001562Wc	Economathematics ( <b>GK</b> )	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_W16 K2MST_W17 K2MST_W18 K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E (w)		P(4)	S (FAM)	Ob.

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

2	MAT001563Wc	Partial differential equations with applications in physics and industry <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U06 K2MST_U08 K2MST_U09 K2MST_U15 K2MST_U16 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	180	6	3	T	E(w)		P(4)	S (MIC)	Ob
3	MAT001564Wc	Life Insurance Models <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_W22 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	Ob
Razem			6	6					180	480	16	9				12		

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

**Kursy specjalnościowe wybieralne (w pierwszym semestrze student wybiera 2 kursy z poniższej listy)**

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształcenia	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		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>
1	MAT001565Wc	Financial risk management <b>(GK)</b>	2	2					60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

2	MAT001566WI	Computational Finance (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM, Dat)	W
3	MAT001567WI	Insurance models for industry (GK)	2		2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

4	MAT001568Wc	Reserves in life and non-life insurance <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
5	MAT001569Wp	Risk management in insurance <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

6	MAT001570WI	Numerical methods in differential equations <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28 K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
7	MAT001571Wp	Introduction to applied fluid dynamics <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
8	MAT001572WI	Perturbation Methods <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



9	MAT001573W1	Applied Functional analysis (GK)	2		2			K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
10	MAT001574W1	Nonlinear Methods (GK)	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

11	MAT001575WI	Introduction to Inverse Problems (GK)	2	2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_W08, K2MST_W10, K2MST_W12 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC, MSO)	W
----	-------------	---------------------------------------	---	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

12	MAT001576Wc	Free boundary problems <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
13	MAT001577WI	Diffusion processes on complex networks <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

14	MAT001578Wp	Analysis of unstructured data (GK)	2		2		K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
15	MAT001579WI	Statistical Packages (GK)	2		2		K2MST_W02, K2MST_W04, K2MST_W08, K2MST_W16 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_W18 K2MST_U11, K2MST_U15, K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_U12 K2MST_K02 K2MST_K05 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

16	MAT001580W1	Computer simulations of stochastic processes <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W05 K2MST_W09 K2MST_U13, K2MST_U17, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U30 K2MST_K03, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (Dat, MSO)	W
----	-------------	--	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

17	MA'T001581WI	Estimation theory (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W15, K2MST_W16, K2MST_W18 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_U11, K2MST_U12 K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
----	--------------	------------------------	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

18	MAT001582W1	Mathematical Image Processing (GK)	2	2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
19	MAT001583Wc	Queues and Communication Networks (GK)	2	2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

20	MAT001584Wc	Advanced Topics in Dynamic Games ( <b>GK</b> )	2	2					K2MST_W01 K2MST_W02 K2MST_W12 K2MST_W13 K2MST_W17 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U07, K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_K01, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	--	---	---	--	--	--	--	---	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



21	MAT001585W1	Operations Research <b>(GK)</b>	2	2			K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	---------------------------------	---	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

22	MAT001586WI	Optimal control <b>(GK)</b>	2	2			K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01, K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	-----------------------------	---	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

23	MAT001587Wp	Introduction to big data analytics (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
24	INT001337WI	Data Mining (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W

<sup>1</sup> BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

25	INT001338WI	Machine Learning (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W
26	MAT001682WI	Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT, MSO)	W
		Razem							120	300	10	6				8		

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

## Moduł kursów wybieralnych

L.p.	Kod grupy kursów	Nazwa kursu	Tygodniowa liczba godzin					Kod kierunkowego efektu kształcenia	Liczba godzin ZZU	Liczba godzin CNPS	Liczba pkt. ECTS	Forma <sup>1</sup> kursu/ grupy kursów	Liczba pkt. ECTS zajęć BK <sup>2</sup>	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany <sup>4</sup>	Kurs/ grupa kursów Praktyczny <sup>5</sup>	Rodzaj <sup>6</sup> kursu/ grupy kursów	Typ <sup>7</sup> kursu/ grupy kursów
			w	ć	l	p	s											
1	EKT010017BK	PO-W13----ST-III-AN/15/NS	2					K2MST_W19, K2MST_W23, K2MST_U22 K2MST_U27 K2MST_K08, K2MST_K10, K2MST_K11	30	90	3	T	3	Z	O		KO	W
2	JZL100709BK	Języki obce KRK II st.		1				K2MST_W13, K2MST_K06	15	30	1	T	1	Z	O	P	KO	W
Razem			2	1					45	120	4		4					

### Razem w semestrze:

Lączna liczba godzin ZZU	Lączna liczba godzin CNPS	Lączna liczba punktów ECTS	Liczba punktów ECTS zajęć BK <sup>1</sup>
345	900	30	19

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

## Semestr 2

### Kursy specjalnościowe obowiązkowe

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształ- cenia	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	CNP S	łą- czna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

I	MAT001588Wc	Optimization theory (GK)	2	2				K2MST_W01 K2MST_W02 K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_W07 K2MST_W08 K2MST_W10 K2MST_W15 K2MST_U01 K2MST_U11 K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U29 K2MST_K01 K2MST_K02 K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_K03 K2MST_K04 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	180	6	3	T	E (w)		P(4)	S (MSO)	Ob.
---	-------------	--------------------------	---	---	--	--	--	---	----	-----	---	---	---	-------	--	------	------------	-----

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

2	MAT001589WI	Agent-based modelling of complex systems <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W08, K2MST_W09 K2MST_W11 K2MST_U23 K2MST_U17 K2MST_U18 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	E (w)		P(4)	S (DAT)	Ob
		Razem	4						120	330	11	6				8		

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



**Kursy specjalnościowe wybieralne (w drugim semestrze student wybiera 3 kursy z poniższej listy)**

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształ- cenia	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		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczelniany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>
1	MAT001565Wc	Financial risk management <b>(GK)</b>	2	2				60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W	

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

2	MAT001566W1	Computational Finance (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM, Dat)	W
3	MAT001567W1	Insurance models for industry (GK)	2		2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup> BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

4	MAT001568Wc	Reserves in life and non-life insurance <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
5	MAT001569Wp	Risk management in insurance <b>(GK)</b>	2			2		K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

6	MAT001570Wl	Numerical methods in differential equations <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
7	MAT001571Wp	Introduction to applied fluid dynamics <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

8	MAT001572W1	Perturbation Methods <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
9	MAT001573W1	Applied Functional analysis <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
10	MAT001574W1	Nonlinear Methods <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

11	MAT001575WI	Introduction to Inverse Problems (GK)	2	2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_W08, K2MST_W10, K2MST_W12 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC, MSO)	W
----	-------------	---------------------------------------	---	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

12	MAT001576Wc	Free boundary problems (GK)	2	2				K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
13	MAT001577W1	Diffusion processes on complex networks (GK)	2	2				K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

14	MAT001578Wp	Analysis of unstructured data <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
15	MAT001579Wl	Statistical Packages <b>(GK)</b>	2		2		K2MST_W02, K2MST_W04, K2MST_W08, K2MST_W16 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_W18 K2MST_U11, K2MST_U15, K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_U12 K2MST_K02 K2MST_K05 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



16	MAT001580W1	Computer simulations of stochastic processes <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W05 K2MST_W09 K2MST_U13, K2MST_U17, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U30 K2MST_K03, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (Dat, MSO)	W
----	-------------	--	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

17	MAT001581WI	Estimation theory (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W15, K2MST_W16, K2MST_W18 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_U11, K2MST_U12 K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
----	-------------	------------------------	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

18	MAT001582WI	Mathematical Image Processing (GK)	2	2				K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
19	MAT001583Wc	Queues and Communication Networks (GK)	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

20	MAT001584Wc	Advanced Topics in Dynamic Games (GK)	2	2					K2MST_W01 K2MST_W02 K2MST_W12 K2MST_W13 K2MST_W17 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U07, K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_K01, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	---------------------------------------	---	---	--	--	--	--	---	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

21	MAT001585WI	Operations Research <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	---------------------------------	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

22	MAT001586WI	Optimal control (GK)	2	2		K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01 K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	----------------------	---	---	--	---	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

23	MAT001587Wp	Introduction to big data analytics (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
24	INT001337WI	Data Mining (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

25	INT001338WI	Machine Learning (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W
26	MAT001682WI	Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT, MSO)	W
Razem			6						180	450	15	9				12		

## Moduł kursów wybieralnych

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



L.p.	Kod grupy kursów	Nazwa kursu	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształcenia	Liczba godzin ZZU	Liczba godzin CNPS	Liczba pkt. ECTS	Forma <sup>1</sup> kursu/ grupy kursów	Liczba pkt. ECTS zajęć BK <sup>2</sup>	Sposób <sup>3</sup> zaliczenia	Kurs/ grupa kursów Ogólnouczelniany <sup>4</sup>	Kurs/ grupa kursów Praktyczny <sup>5</sup>	Rodzaj <sup>6</sup> kursu/ grupy kursów	Typ <sup>7</sup> kursu/ grupy kursów
			w	c	l	p	s											
1	FLT010018BK	PO-W13----ST-IIM-AN/15/NH	1					K2MST_W19, K2MST_W23, K2MST_U22 K2MST_U27 K2MST_K08, K2MST_K10, K2MST_K11	15	60	2	T	2	Z	O		KO	W
2	JZL100710BK	Języki obce KRK II st.		3				K2MST_W13, K2MST_K06	45	60	2	T	2	Z	O	P	KO	W
Razem			1					60	120	4		4						

### Razem w semestrze:

Łączna liczba godzin ZZU	Łączna liczba godzin CNPS	Łączna liczba punktów ECTS	Liczba punktów ECTS zajęć BK <sup>1</sup>
360	900	30	19

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

## Semestr 3

### Kursy obowiązkowe

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształcenia	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		ZZ U	CNPS	łącna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niany <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

1	MAT001590D	Diploma Thesis							K2MST_W03 K2MST_W04 K2MST_W05 K2MST_W09 K2MST_W12 K2MST_W14 K2MST_W20 K2MST_W21 K2MST_U02 K2MST_U03 K2MST_U04 K2MST_U05 K2MST_U07 K2MST_U10 K2MST_U12 K2MST_U13 K2MST_U14 K2MST_U15 K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26 K2MST_U28 K2MST_U30 K2MST_K06	30	690	23	1	T	Z		P(23)	S	Ob.
2	MAT001591S	Diploma Seminar					2		K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06	30	60	2	1	T	Z		P(2)	S	Ob.
Razem							2			60	750	25	2				25		

### Kursy specjalnościowe wybieralne (w trzecim semestrze student wybiera 1 kurs z poniższej listy)

L.p	Kod kursu/ grupy kursów	Nazwa kursu/grupy kursów (grupę kursów oznaczyć symbolem <b>GK</b> )	Tygodniowa liczba godzin					Symbol efektu kształcenia	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		ZZ U	CNPS	łączna	zajęć BK <sup>1</sup>			ogólno- uczel- niani <sup>4</sup>	o charakt. prakty- cznym <sup>5</sup>	rodzaj <sup>6</sup>	typ <sup>7</sup>

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

1	MAT001565Wc	Financial risk management (GK)	2	2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
2	MAT001566Wl	Computational Finance (GK)	2		2		K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM, Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

3	MAT001567Wl	Insurance models for industry <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
4	MAT001568Wc	Reserves in life and non-life insurance <b>(GK)</b>	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W
5	MAT001569Wp	Risk management in insurance <b>(GK)</b>	2			2		K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (FAM)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Ogólnouczeniiany – O

<sup>5</sup>Kurs/ grupa kursów Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

6	MAT001570W1	Numerical methods in differential equations ( <b>GK</b> )	2		2			K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25, K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
7	MAT001571Wp	Introduction to applied fluid dynamics ( <b>GK</b> )	2		2			K2MST_W03 K2MST_W06 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

8	MAT001572W1	Perturbation Methods <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
9	MAT001573W1	Applied Functional analysis <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W03 K2MST_W07 K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
10	MAT001574W1	Nonlinear Methods <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W10 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W

<sup>1</sup> BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup> KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

11	MAT001575WI	Introduction to Inverse Problems <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_W08, K2MST_W10, K2MST_W12 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC, MSO)	W
----	-------------	--	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



12	MAT001576Wc	Free boundary problems (GK)	2	2				K2MST_W03 K2MST_W10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28, K2MST_U29 K2MST_U16 K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MIC)	W
13	MAT001577Wl	Diffusion processes on complex networks (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

14	MAT001578Wp	Analysis of unstructured data <b>(GK)</b>	2			2		K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
15	MAT001579Wl	Statistical Packages <b>(GK)</b>	2			2		K2MST_W02, K2MST_W04, K2MST_W08, K2MST_W16 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_W18 K2MST_U11, K2MST_U15, K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_U12 K2MST_K02 K2MST_K05 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

16	MAT001580WI	Computer simulations of stochastic processes <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04, K2MST_W05 K2MST_W09 K2MST_U13, K2MST_U17, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U30 K2MST_K03, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	E(w)		P(4)	S (Dat, MSO)	W
----	-------------	--	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	--------------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

17	MAT001581WI	Estimation theory (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W15, K2MST_W16, K2MST_W18 K2MST_W13 K2MST_W12, K2MST_U11, K2MST_U12 K2MST_U20, K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U02, K2MST_K06 K2MST_K01 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
----	-------------	------------------------	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup> W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

18	MAT001582W1	Mathematical Image Processing (GK)	2		2			K2MST_W04, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W13 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U16, K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
19	MAT001583Wc	Queues and Communication Networks (GK)	2	2				K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K06 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W

<sup>1</sup>BK – liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

20	MAT001584Wc	Advanced Topics in Dynamic Games ( <b>GK</b> )	2	2				K2MST_W01 K2MST_W02 K2MST_W12 K2MST_W13 K2MST_W17 K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U07, K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_K01, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	--	---	---	--	--	--	---	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

21	MAT001585W1	Operations Research <b>(GK)</b>	2		2			K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K05 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	---------------------------------	---	--	---	--	--	--	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

22	MAT001586WI	Optimal control (GK)	2		2			K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K01 K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (MSO)	W
----	-------------	----------------------	---	--	---	--	--	---	----	-----	---	---	---	------	--	------	------------	---

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy



23	MAT001587Wp	Introduction to big data analytics (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (Dat)	W
24	INT001337W1	Data Mining (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

25	INT001338WI	Machine Learning (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT)	W
26	MAT001682WI	Introduction to Compressed Sensing (GK)	2		2			K2MST_W12 K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_dat_W01 K2MST_dat_W02 K2MST_dat_W03 K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02 K2MST_dat_U03 K2MST_dat_K01 K2MST_dat_K02 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	60	150	5	3	T	Z(w)		P(4)	S (DAT, MSO)	W
Razem			2						60	150	5	3				4		

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

Lączna liczba godzin ZZU	Lączna liczba godzin CNPS	Lączna liczba punktów ECTS	Liczba punktów ECTS zajęć BK <sup>1</sup>
120	900	30	5

## 2. Zestaw egzaminów w układzie semestralnym

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

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

Semestr	Dopuszczalny deficyt punktów ECTS po semestrze
1	11
2	11
3	0

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

	-
--	---

Opinia wydziałowego organu uchwałodawczego samorządu studenckiego

.....  
Data Imię, nazwisko i podpis przedstawiciela studentów

Albino Maci

.....  
Data Podpis Dziekana

DZIEKAN  
Wydziału Matematyki

Hejgoh

Prof. dr. hab. Ewa O. Stępnik

(3)

<sup>1</sup>BK –liczba punktów ECTS przypisanych godzinom zajęć wymagających bezpośredniego kontaktu nauczycieli i studentów

<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 Praktyczny – P. W grupie kursów w nawiasie wpisać liczbę punktów ECTS dla kursów o charakterze praktycznym

<sup>6</sup>KO - kształcenia ogólnego, PD – podstawowy, K – kierunkowy, S – specjalnościowy

<sup>7</sup>W – wybieralny, Ob – obowiązkowy

## KIERUNKOWE I SPECJALNOŚCIOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

<b>Wydział:</b>	<b>Matematyki</b>
<b>Kierunek studiów:</b>	<b>Applied Mathematics</b>
<b>Studia w j. angielskim</b>	
<b>Stopień studiów:</b>	<b>Drugi (2)</b>
<b>Profil:</b>	<b>Ogólnoakademicki (A)</b>

### Umiejscowienie kierunku w obszarze kształcenia:

Kierunek studiów Applied Mathematics o profilu ogólnoakademickim należy do obszaru kształcenia w zakresie nauk ścisłych, dziedzina nauk matematycznych, dyscyplina matematyka, z kompetencjami inżynierskimi.

### Kwalifikacje absolwenta:

Po ukończeniu studiów drugiego stopnia na kierunku Applied Mathematics, studia w języku angielskim, absolwent uzyskuje kompetencje drugiego stopnia i otrzymuje tytuł magistra inżyniera, potwierdzony dyplomem ukończenia studiów wyższych drugiego stopnia, wydanym przez Politechnikę Wrocławską.

Liczba punktów ECTS konieczna do uzyskania kwalifikacji: 90

Na kierunku realizowane są cztery specjalności:

- Financial and Actuarial Mathematics (FAM, Matematyka Finansowa i Ubezpieczeniowa)
- Mathematics for Industry and Commerce (MIC, Matematyka Przemysłowa)
- Data Engineering (DAT, Inżynieria Danych)
- Modelling, Simulation, Optimization (MSO, Modelowanie, Symulacja, Optymalizacja)

**Warunkiem uzyskania dyplomu z daną specjalnością jest zrealizowanie w trakcie studiów co najmniej dwóch kursów przypisanych do tej specjalności oraz przygotowanie pracy magisterskiej o tematyce bezpośrednio związanej z tą specjalnością.**

### Objaśnienie oznaczeń:

K2MST\_ — symbol dla kierunku Applied Mathematics na drugim stopniu studiów

\_W01 — symbole dla efektów kształcenia w zakresie WIEDZY

\_U01 — symbole dla efektów kształcenia w zakresie UMIEJĘTNOŚCI

\_K01 — symbole dla efektów kształcenia w zakresie KOMPETENCJI SPOŁECZNYCH

\_fam\_ — symbol dla kierunku na drugim stopniu studiów – specjalnościowe efekty kształcenia dla specjalności ‘Financial and Actuarial Mathematics’

\_mic\_ — symbol dla kierunku na drugim stopniu studiów – specjalnościowe efekty kształcenia dla specjalności ‘Mathematics for Industry and Commerce’

\_dat\_ — symbol dla kierunku na drugim stopniu studiów – specjalnościowe efekty kształcenia dla specjalności ‘Data Engineering’

\_mso\_ — symbol dla kierunku na drugim stopniu studiów – specjalnościowe efekty kształcenia dla specjalności ‘Modelling, Simulation, Optimization’

Symbol	Efekty kształcenia dla kierunku studiów <i>Applied Mathematics</i> . Po ukończeniu studiów drugiego stopnia na kierunku studiów <i>Applied Mathematics</i> absolwent:	Odniesienie do charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacyjnej
WIEDZA		
K2MST_W01	posiada pogłębioną wiedzę z zakresu podstawowych działów matematyki	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1, P7S_WG2,
K2MST_W02	dobrze rozumie rolę i znaczenie konstrukcji rozumowań matematycznych	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1,
K2MST_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1, P7S_WG2,
K2MST_W04	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki teoretycznej lub stosowanej	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1,
K2MST_W05	ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki: zna większość klasycznych definicji i twierdzeń oraz ich dowody	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1,
K2MST_W06	jest w stanie rozumieć sformułowania zagadnień pozostających na etapie badań	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG1,
K2MST_W07	zna powiązania zagadnień wybranej dziedziny z innymi działami matematyki teoretycznej i stosowanej	P7U_W, P7S_WG, P7S_WG2,
K2MST_W08	zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia, orientuje się w kierunkach ich rozwoju	P7S_WG, P7S_WG2,
K2MST_W09	zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii	P7S_WG1,
K2MST_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_WG1,
K2MST_W11	zna matematyczne podstawy teorii informacji, teorii algorytmów i kryptografii oraz ich praktyczne zastosowania m.in. w programowaniu i szeroko rozumianej informatyce	P7S_WG1,
K2MST_W12	zna dobrze co najmniej jeden pakiet oprogramowania, służący do obliczeń symbolicznych i jeden pakiet do statystycznej obróbki danych	P7S_WG1,
K2MST_W13	zna język angielski na poziomie średniozaawansowanym (B2) oraz inny język obcy na poziomie wystarczającym do czytania aktualnej literatury fachowej	P7S_WG2,
K2MST_W14	zna zasady bezpieczeństwa i higieny pracy w stopniu wystarczającym do samodzielnej pracy w zawodzie matematyka	P7S_WK1,

K2MST_W15	zna ogólne zasady i twierdzenia teorii decyzyjnego podejścia do wnioskowań statystycznych oraz metody wyznaczania optymalnych funkcji decyzyjnych	P7S_WG1,
K2MST_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_WG1,
K2MST_W17	zna podstawowe metody prognozy szeregów czasowych	P7S_WG1,
K2MST_W18	zna metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej	P7S_WG1,
K2MST_W19	ma podstawową wiedzę niezbędną do rozumienia pozatechnicznych uwarunkowań działalności pracy inżynierskiej	P7S_WG1, P7S_WG3,
K2MST_W20	zna typowe technologie, których znajomość umożliwia zastosowanie metod matematycznych w problemach inżynierskich	P7S_WG1, P7S_WG3,
K2MST_W21	zna podstawowe metody stosowane przy rozwiązywaniu prostych zadań inżynierskich z wykorzystaniem metod matematycznych	P7S_WG1, P7S_WG3,
K2MST_W22	ma podstawową wiedzę o cyklu życia urządzeń i systemów technicznych	P7S_WG1, P7S_WG3,
K2MST_W23	ma podstawową wiedzę dotyczącą zarządzania i prowadzenia działalności gospodarczej oraz praw autorskich	P7S_WK, P7S_WK1, P7S_WK2

<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>		
K2MST_U01	posiada umiejętności konstruowania rozumowań matematycznych: dowodzenia twierdzeń, jak i obalania hipotez poprzez konstrukcje i dobór kontrprzykładów	P7U_U, P7S_UW, P7S_UW1,
K2MST_U02	posiada umiejętności wyrażania treści matematycznych w mowie i na piśmie, w tekstach matematycznych o różnym charakterze	P7U_U, P7S_UW, P7S_UW1,
K2MST_U03	posiada umiejętność sprawdzania poprawności wnioskowań w budowaniu dowodów formalnych	P7U_U, P7S_UW, P7S_UW1,
K2MST_U04	w zagadnieniach matematycznych dostrzega struktury formalne związane z podstawowymi działami matematyki i rozumie znaczenie ich własności	P7U_U, P7S_UW, P7S_UW1,
K2MST_U05	swobodnie posługuje się narzędziami analizy, w tym rachunkiem różniczkowym i całkowym, elementami analizy zespolonej i fourierowskiej	P7S_UW3,
K2MST_U06	orientuje się w metodach rozwiązywania klasycznych równań różniczkowych zwyczajnych i cząstkowych, potrafi stosować je w typowych zagadnieniach praktycznych	P7S_UW3,
K2MST_U07	potrafi stosować pojęcia teorii miary w typowych zagadnieniach teoretycznych i praktycznych	P7S_UW3,
K2MST_U08	posiada umiejętności rozpoznawania struktur topologicznych w obiektach matematycznych występujących np. w geometrii lub analizie matematycznej; potrafi wykorzystać	P7S_UW3,

	podstawowe własności topologiczne zbiorów, funkcji i przekształceń	
K2MST_U09	posługuje się językiem oraz metodami analizy funkcjonalnej w zagadnieniach analizy matematycznej i jej zastosowaniach	P7S_UW3,
K2MST_U10	potrafi stosować metody algebraiczne (z naciskiem na algebrę liniową) w rozwiązywaniu problemów z różnych działów matematyki i zadań praktycznych	P7S_UW3,
K2MST_U11	zna różne rozkłady probabilistyczne i ich własności; potrafi je stosować w zagadnieniach praktycznych	P7S_UW3,
K2MST_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_UW1, P7S_UW2, P7S_UW3,
K2MST_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_UW2,
K2MST_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. rozumie ich wykłady przeznaczone dla młodych matematyków	P7S_UK, P7S_UO, P7S_UU,
K2MST_U15	potrafi konstruować modele matematyczne, wykorzystywane w konkretnych zaawansowanych zastosowaniach matematyki	P7S_UW1,
K2MST_U16	rozumie matematyczne podstawy analizy algorytmów i procesów obliczeniowych	P7S_UW1,
K2MST_U17	potrafi konstruować algorytmy o dobrych własnościach numerycznych, służące do rozwiązywania typowych i nietypowych problemów matematycznych	P7S_UW,
K2MST_U18	umie stosować metody komputerowo wspomaganego dowodzenia twierdzeń oraz logicznego wspomaganie weryfikacji i specyfikacji programów	P7S_UW,
K2MST_U19	potrafi wyznaczać optymalne decyzje statystyczne w złożonych modelach statystyki matematycznej	P7S_UW3,
K2MST_U20	umie wykorzystywać metody komputerowego modelowania stochastycznego w statystyce matematycznej	P7S_UW3,
K2MST_U21	potrafi wykorzystywać profesjonalne pakiety statystyczne do analizy statystycznej	P7S_UW,
K2MST_U22	ma umiejętności językowe w zakresie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów	P7S_UK,
K2MST_U23	potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	P7S_UW2, P7S_UW4
K2MST_U24	potrafi wykorzystać do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich metody analityczne oraz symulacyjne	P7S_UW2, P7S_UW5,



K2MST_U25	potrafi wykorzystać metody matematyczne i ocenić ich przydatność do rozwiązywania prostych zadań inżynierskich	P7S_UW5,
K2MST_U26	potrafi — przy rozwiązywaniu zadań inżynierskich — dostrzegać ich aspekty pozatechniczne	P7S_UW5,
K2MST_U27	potrafi dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich	P7S_UW5,
K2MST_U28	potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejącego rozwiązania technicznego	P7S_UW6
K2MST_U29	potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację prostych zadań inżynierskich	P7S_UW6
K2MST_U30	potrafi zasymulować proces odzwierciedlający zachowania obserwowane w problemach inżynierskich, używając właściwych metod i narzędzi	P7S_UW7

<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>		
K2MST_K01	zna ograniczenia własnej wiedzy i rozumie potrzebę dalszego kształcenia	P7U_K, P7S_KK, P7S_KR,
K2MST_K02	potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania	P7U_K,
K2MST_K03	potrafi pracować zespołowo; rozumie konieczność systematycznej pracy nad wszelkimi projektami, które mają długofalowy charakter	P7U_K, P7S_KR,
K2MST_K04	rozumie i docenia znaczenie uczciwości intelektualnej w działaniach własnych i innych osób; postępuje etycznie	P7U_K, P7S_KK,
K2MST_K05	rozumie potrzebę popularnego przedstawiania laikom wybranych osiągnięć matematyki wyższej	P7U_K, P7S_KO, P7S_KO,
K2MST_K06	potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze, także w językach obcych	P7S_KR,
K2MST_K07	potrafi formułować opinie na temat podstawowych zagadnień matematycznych	P7S_KK,
K2MST_K08	ma potrzebę poznawania innych dziedzin nauki, także w zakresie przedmiotów humanistycznych	P7S_KK,
K2MST_K09	dba o zachowanie sprawności fizycznej oraz kondycji przydatnej w pracy zawodowej	P7S_KR,
K2MST_K10	ma świadomość ważności i rozumie pozatechniczne aspekty i skutki działalności inżynierskiej,	P7S_KO,
K2MST_K11	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7S_KO,

<b>Symbol</b>	<b>Efekty kształcenia dla specjalności 'Financial and Actuarial Mathematics'</b>	<b>Odniesienie do charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacyjnej</b>
<b>WIEDZA</b>		
K2MST_fam_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą matematyki finansowej i ubezpieczeniowej, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tych dziedzinach	P7S_WG1,
K2MST_fam_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tych obszarach	P7S_WG1,

K2MST_fam_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki finansowej i ubezpieczeniowej	P7S_WG1,
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>		
K2MST_fam_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z matematyką finansową i ubezpieczeniową	P7S_UW3,
K2MST_fam_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących matematyki finansowej i ubezpieczeniowej	P7S_UW3,
K2MST_fam_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tych obszarach	P7S_UW1,
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>		
K2MST_fam_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z finansami i ubezpieczeniami	P7S_KR,
K2MST_fam_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7S_KO,

Symbol	Efekty kształcenia dla specjalności 'Mathematics for Industry and Commerce'	Odniesienie do charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacyjnej
<b>WIEDZA</b>		
K2MST_mic_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą matematyki przemysłowej, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tej dziedzinie	P7S_WG1,
K2MST_mic_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tym obszarze	P7S_WG1,
K2MST_mic_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów matematyki przemysłowej	P7S_WG1,
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>		
K2MST_mic_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z matematyką przemysłową	P7S_UW3,
K2MST_mic_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących matematyki przemysłowej	P7S_UW3,
K2MST_mic_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tym obszarze	P7S_UW1,
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>		
K2MST_mic_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z matematyką przemysłową	P7S_KR,
K2MST_mic_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7S_KO,

Symbol	Efekty kształcenia dla specjalności 'Data Engineering'	Odniesienie do charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacyjnej
<b>WIEDZA</b>		
K2MST_dat_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą inżynierii danych, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tej dziedzinie	P7S_WG1,
K2MST_dat_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tym obszarze	P7S_WG1,
K2MST_dat_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów inżynierii danych	P7S_WG1,
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>		
K2MST_dat_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z inżynierią danych	P7S_UW3,
K2MST_dat_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących inżynierii danych	P7S_UW3,
K2MST_dat_U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tym obszarze	P7S_UW1,
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>		
K2MST_dat_K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z inżynierią danych	P7S_KR,
K2MST_dat_K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7S_KO,

Symbol	Efekty kształcenia dla specjalności 'Modelling, Simulation, Optimization'	Odniesienie do charakterystyk Polskiej Ramy Kwalifikacyjnej
<b>WIEDZA</b>		
K2MST_mso_W01	posiada pogłębioną wiedzę praktyczną dotyczącą modelowania, symulacji i optymalizacji, nowych trendów oraz zarządzania projektami w tych dziedzinach	P7S_WG1,
K2MST_mso_W02	ma pogłębioną wiedzę z zakresu narzędzi matematycznych i komputerowych wykorzystywanych w tych obszarach	P7S_WG1,
K2MST_mso_W03	zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z głównych działów modelowania, symulacji i optymalizacji	P7S_WG1,
<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>		
K2MST_mso_U01	potrafi samodzielnie identyfikować i rozwiązywać problemy związane z modelowaniem, symulacjami i optymalizacją	P7S_UW3,
K2MST_mso_U02	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność opracowania projektów dotyczących modelowania, symulacji i optymalizacji	P7S_UW3,

K2MST_mso _U03	posiada w stopniu zaawansowanym umiejętność prowadzenia badań naukowych oraz rozwiązywania zagadnień praktycznych w tych obszarach	P7S_UW1,
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>		
K2MST_mso _K01	jest przygotowany do pracy i pełnienia różnych funkcji w instytucjach związanych z modelowaniem, symulacjami i optymalizacją	P7S_KR,
K2MST_mso _K02	potrafi myśleć i działać w sposób przedsiębiorczy	P7S_KO,

DZIEKAN  
Wydziału Matematyki  
  
Prof. dr hab. Krzysztof Stempak  
(1)

**MACIERZ POWIĄZANIA CHARAKTERYSTYK POLSKIEJ RAMY KWALIFIKACYJNEJ Z KIERUNKOWYMI I  
 SPECJALNOŚCIOWYMI EFEKTAMI KSZTAŁCENIA  
 studia drugiego stopnia (mgr inż.) na kierunku *Applied Mathematics*,  
 profil ogólnoakademicki**

Kod	CHARAKTERYSTYKI UNIWERSALNE	Odniesienie do efektów kształcenia dla studiów drugiego stopnia na kierunku <i>Applied Mathematics</i>
WIEDZA - Absolwent zna i rozumie:		
P7U_W	- w pogłębiony sposób wybrane fakty, teorie, metody oraz złożone zależności między nimi, także w powiązaniu z innymi dziedzinami - różnorodne, złożone uwarunkowania i aksjologiczny kontekst prowadzonej działalności	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03 K2MST_W04, K2MST_W05, K2MST_W06 K2MST_W07
UMIEJĘTNOŚCI - Absolwent potrafi:		
P7U_U	- wykonywać zadania oraz formułować i rozwiązywać problemy, z wykorzystaniem nowej wiedzy, także z innych dziedzin - samodzielnie planować własne uczenie się przez całe życie i ukierunkowywać innych w tym zakresie - komunikować się ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców, odpowiednio uzasadniać stanowiska	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03 K2MST_U04
KOMPETENCJE SPOŁECZNE - Absolwent jest gotów do:		
P7U_K	- tworzenia i rozwijania wzorów właściwego postępowania w środowisku pracy i życia - podejmowania inicjatyw, krytycznej oceny siebie oraz zespołów i organizacji, w których uczestniczy - przewodzenia grupie i ponoszenia odpowiedzialności za nią	K2MST_K01, K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05

Kategorie opisowe / aspekty o podstawowym znaczeniu	Kod	CHARAKTERYSTYKI (OGÓLNE) DRUGIEGO STOPNIA	Odniesienie do efektów kształcenia dla studiów drugiego stopnia na kierunku <i>Applied Mathematics</i>
WIEDZA - Absolwent zna i rozumie:			
Zakres i głębia / kompletność perspektywy poznawczej i zależności	P7S_WG	<ul style="list-style-type: none"> <li>- w pogłębionym stopniu – wybrane fakty, obiekty i zjawiska oraz dotyczące ich metody i teorie wyjaśniające złożone zależności między nimi, stanowiące zaawansowaną wiedzę ogólną z zakresu dyscyplin naukowych lub artystycznych tworzących podstawy teoretyczne, uporządkowaną i podbudowaną teoretycznie wiedzę obejmującą kluczowe zagadnienia oraz wybrane zagadnienia z zakresu zaawansowanej wiedzy szczegółowej – właściwe dla programu kształcenia</li> <li>- główne trendy rozwojowe dyscyplin naukowych lub artystycznych istotnych dla programu kształcenia</li> </ul>	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W04, K2MST_W05, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08
Kontekst / uwarunkowania, skutki	P7S_WK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- fundamentalne dylematy współczesnej cywilizacji</li> <li>- ekonomiczne, prawne i inne uwarunkowania różnych rodzajów działań związanych z nadaną kwalifikacją, w tym zasady ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego</li> </ul>	K2MST_W10, K2MST_W23
UMIEJĘTNOŚCI - Absolwent potrafi:			
Wykorzystanie wiedzy / rozwiązywane problemy i wykonywane zadania	P7S_UW	<ul style="list-style-type: none"> <li>wykorzystywać posiadaną wiedzę – formułować i rozwiązywać złożone i nietypowe problemy i innowacyjnie wykonywać zadania w nieprzewidywalnych warunkach przez: <ul style="list-style-type: none"> <li>– właściwy dobór źródeł oraz informacji z nich pochodzących, dokonywanie oceny, krytycznej analizy, syntezy oraz twórczej interpretacji i prezentacji tych informacji,</li> <li>– dobór oraz stosowanie właściwych metod i narzędzi, w tym zaawansowanych technik informacyjno-komunikacyjnych (ICT)</li> </ul> </li> </ul>	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U04, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U21
Komunikowanie się / odbieranie i tworzenie wypowiedzi, upowszechnianie	P7S_UK	<ul style="list-style-type: none"> <li>- komunikować się na tematy specjalistyczne ze zróżnicowanymi kręgami odbiorców</li> <li>- prowadzić debatę</li> <li>- posługiwać się językiem obcym na poziomie B2+ Europejskiego</li> </ul>	K2MST_U12, K2MST_U13, K2MST_U14, K2MST_U22

wiedzy w środowisku naukowym i posługiwanie się językiem obcym		Systemu Opisu Kształcenia Językowego oraz w wyższym stopniu w zakresie specjalistycznej terminologii	
Organizacja pracy / planowanie i praca zespołowa	P7S_UO	kierować pracą zespołu	K2MST_U14
Uczenie się / planowanie własnego rozwoju i rozwoju innych osób	P7S_UU	samodzielnie planować i realizować własne uczenie się przez całe życie i ukierunkowywać innych w tym zakresie	K2MST_U12, K2MST_U14
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE - Absolwent jest gotów do:</b>			
Oceny / krytyczne podejście	P7S_KK	- krytycznej oceny odbieranych treści - uznawania znaczenia wiedzy w rozwiązywaniu problemów poznawczych i praktycznych	K2MST_K01, K2MST_K04, K2MST_K07, K2MST_K08,
Odpowiedzialność / wypełnianie zobowiązań społecznych i działanie na rzecz interesu publicznego	P7S_KO	- wypełniania zobowiązań społecznych, inspirowania i organizowania działalności na rzecz środowiska społecznego - inicjowania działania na rzecz interesu publicznego - myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy	K2MST_K05, K2MST_K10, K2MST_K11, K2MST_fam_K02, K2MST_mic_K02, K2MST_dat_K02, K2MST_mso_K02
Rola zawodowa / niezależność i rozwój etosu	P7S_KR	odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych z uwzględnieniem zmieniających się potrzeb społecznych, w tym: – rozwijania dorobku zawodu, – podtrzymywania etosu zawodu, – przestrzegania i rozwijania zasad etyki zawodowej oraz działania na rzecz przestrzegania tych zasad	K2MST_K01, K2MST_K03, K2MST_K06, K2MST_K09, K2MST_fam_K01, K2MST_mic_K01, K2MST_dat_K01, K2MST_mso_K01,

Kod	CHARAKTERYSTYKI (SZCZEGÓŁOWE) DRUGIEGO STOPNIA W ZAKRESIE NAUK ŚCISŁYCH	Odniesienie do efektów kształcenia dla studiów drugiego stopnia na kierunku <i>Applied Mathematics</i>
WIEDZA - Absolwent zna i rozumie:		
P7S_WG1	w pogłębionym stopniu teorie w zakresie dyscyplin naukowych właściwych dla kierunku studiów – potrafi samodzielnie odtworzyć podstawowe twierdzenia i prawa oraz ich dowody, a także znaczenie tych teorii dla postępu nauk ścisłych i przyrodniczych, poznania świata i rozwoju ludzkości	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W04, K2MST_W05, K2MST_W06, K2MST_W09, K2MST_W10, K2MST_W11, K2MST_W12, K2MST_W15, K2MST_W16, K2MST_W17, K2MST_W18, K2MST_W19, K2MST_W20, K2MST_W21, K2MST_W22, K2MST_fam_W01, K2MST_fam_W02, K2MST_fam_W03, K2MST_mic_W01, K2MST_mic_W02, K2MST_mic_W03, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03, K2MST_mso_W01, K2MST_mso_W02, K2MST_mso_W03,
P7S_WG2	aktualne kierunki rozwoju i najnowsze odkrycia w zakresie dyscyplin naukowych właściwych dla kierunku studiów	K2MST_W01, K2MST_W03, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W13
P7S_WK1	uwarunkowania etyczne i prawne, związane z działalnością naukową, dydaktyczną oraz wdrożeniową	K2MST_W14, K2MST_W23
UMIEJĘTNOŚCI - Absolwent potrafi:		
P7S_UW1	planować i wykonywać podstawowe badania, doświadczenia lub obserwacje dotyczące zagadnień poznawczych właściwych dla danego kierunku studiów	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U04, K2MST_U12, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_fam_U03, K2MST_mic_U03, K2MST_dat_U03, K2MST_mso_U03
P7S_UW2	w sposób krytyczny ocenić wyniki eksperymentów, obserwacji i obliczeń teoretycznych, a także przedyskutować błędy pomiarowe i możliwości optymalizacji stosowanych procedur	K2MST_U12, K2MST_U13, K2MST_U23, K2MST_U24
P7S_UW3	zastosować zdobytą wiedzę w zakresie dyscyplin naukowych właściwych dla kierunku studiów do pokrewnych dziedzin nauki i dyscyplin naukowych	K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_U07, K2MST_U08, K2MST_U09, K2MST_U10, K2MST_U11, K2MST_U12, K2MST_U19, K2MST_U20, K2MST_fam_U01, K2MST_fam_U02, K2MST_mic_U01



		K2MST_mic_U02, K2MST_dat_U01 K2MST_dat_U02, K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02
--	--	---

Kod	CHARAKTERYSTYKI DRUGIEGO STOPNIA DLA KWALIFIKACJI OBEJMUJĄCYCH KOMPETENCJE INŻYNIERSIE	Odniesienie do efektów kształcenia dla studiów drugiego stopnia na kierunku <i>Applied Mathematics</i>
WIEDZA - Absolwent zna i rozumie:		
P7S_WG3	podstawowe procesy zachodzące w cyklu życia urządzeń, obiektów i systemów technicznych	K2MST_W19, K2MST_W20, K2MST_W21 K2MST_W22
P7S_WK2	ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości	K2MST_W23
UMIEJĘTNOŚCI - Absolwent potrafi:		
P7S_UW4	planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym pomiary i symulacje komputerowe, interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	K2MST_U23
P7S_UW5	przy identyfikacji i formułowaniu specyfikacji zadań inżynierskich oraz ich rozwiązywaniu: – wykorzystać metody analityczne, symulacyjne i eksperymentalne, – dostrzegać ich aspekty systemowe i pozatechniczne, – dokonać wstępnej oceny ekonomicznej proponowanych rozwiązań i podejmowanych działań inżynierskich	K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_U26, K2MST_U27
P7S_UW6	dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania istniejących rozwiązań technicznych i ocenić te rozwiązania	K2MST_U28, K2MST_U29
P7S_UW7	zaprojektować – zgodnie z zadaną specyfikacją – oraz wykonać typowe dla kierunku studiów proste urządzenie, obiekt, system lub zrealizować proces, używając odpowiednio dobranych metod, technik, narzędzi i materiałów	K2MST_U30

D Z I E K A N  
Wydziału Matematyki  
  
Prof. dr hab. Krzysztof Stempak  
(1)

MAT001562_Economathematics _____	4
MAT001562_Economathematics_eng _____	8
MAT001563_Partial_Differential_Equations_with_applications_in_i- ndustry _____	12
MAT001563_Partial_Differential_Equations_with_applications_in_i- ndustry_eng _____	16
MAT001564_Life_insurance_models _____	20
MAT001564_Life_insurance_models_eng _____	24
MAT001565_Financial_Risk_Management_eng _____	28
MAT001565_Financil_Risk_Management _____	32
MAT001566_ComputationalFinance _____	36
MAT001566_ComputationalFinance_eng _____	40
MAT001567_Insurance_models_for_industry _____	44
MAT001567_Insurance_models_for_industry_eng _____	48
MAT001568_Reserves in life and non-life insurance _____	52
MAT001568_Reserves in life and non-life insurance_eng _____	56
MAT001569_Risk management in insurance _____	60
MAT001569_Risk management in insurance_eng _____	64
MAT001570_Numerical_methods_in_differential_equations _____	68
MAT001570_Numerical_methods_in_differential_equations_eng _____	73
MAT001571_Introduction_to_applied_fluid_dynamics_eng _____	78
MAT001571_Introduction_to_applied_fluid_dynamics _____	82
MAT001572_Perturbation_methods _____	86
MAT001572_Perturbation_methods_eng _____	90
MAT001573_Applied_Functional_analysis _____	95
MAT001573_Applied_Functional_analysis_eng _____	99
MAT001574_Nonlinear_methods _____	103
MAT001574_Nonlinear_Methods_eng _____	107
MAT001575_Introduction_to_inverse_problems_ang _____	111
MAT001575_Introduction_to_inverse_problems_pl _____	115

MAT001576_Free boundary problems _____	119
MAT001576_Free_boundary-problems_eng _____	123
MAT001577_Diffusion_processes_on_complex_networks _____	127
MAT001577_Diffusion_processes_on_complex_networks_eng _____	131
MAT001578_Analysis_of_unstructured_data _____	135
MAT001578_Analysis_of_unstructured_data_eng _____	139
MAT001579_Statistical_packages _____	143
MAT001579_Statistical_packages_eng _____	147
MAT001580_Computer_simulations_of_stochastic_processes _____	151
MAT001580_Computer_simulations_of_stochastic_processes_eng _____	155
MAT001581_Estimation_theory _____	159
MAT001581_Estimation_theory_eng _____	164
MAT001582_Mathematical_image_processing_ang _____	169
MAT001582_Mathematical_image_processing_pl _____	173
MAT001583_QueuesandCommunicationNetworks _____	177
MAT001583_QueuesandCommunicationNetworks_eng _____	181
MAT001584_Advanced_topics_in_dynamic_games _____	185
MAT001584_Advanced_topics_in_dynamic_games_eng _____	189
MAT001585_OperationsResearch _____	193
MAT001585_OperationsResearch_eng _____	197
MAT001586_Optimal_control _____	201
MAT001586_Optimal_Control_eng _____	206
MAT001587_Introduction_to_big_data_analytics _____	210
MAT001587_Introduction_to_big_data_analytics_eng _____	214
MAT001588_Optimization_Theory _____	218
MAT001588_Optimization_Theory_ENG _____	223
MAT001589_Agent_based_modelling_of_complex_systems _____	228
MAT001589_Agent_based_modelling_of_complex_systems_eng _____	232
MAT001590_Diploma_thesis _____	236

MAT001590_Diploma_thesis_eng	239
MAT001591_Diploma_seminar	242
MAT001591_Diploma_seminar_eng	245
MAT001682_Introduction_to_compressed_sensing_eng	248
INT001337_Data_mining	252
INT001338_Learning Machine	257

<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 / niestacjonarna*</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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5	1,5			

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

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

**CELE PRZEDMIOTU**

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

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i hipotezy z matematyki finansowej

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_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)**

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ECONOMATHEMATICS MAT001562  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATIC**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_fam_W01	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W16 K2MST_W17 K2MST_W18 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy10, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Matematyka finansowa

**Name in English:** Econometrics

**Main field of study (if applicable):** Applied Mathematics

**Specialization (if applicable):** Financial and Actuarial Mathematics

**Level and form of studies:** 1st/ 2nd\* level, full-time /~~part-time~~\*

**Kind of subject:** obligatory /~~optional~~ /~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001562

**Group of courses** YES /~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5	1,5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has an elementary knowledge of financial markets and discrete models of financial mathematics

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Learning and mastery of key concepts and methods in the field of financial mathematics

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important theorems and hypotheses of financial mathematics

PEK\_W02 knows the basics of stochastic modeling in financial mathematics

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models used in financial mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can by himself search for information in the literature, even in foreign languages

<b>PROGRAMME CONTENT</b>		
<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Black-Scholes model	4
Lec 2	Stochastic calculus and its application to the valuation of assets and liabilities and design hedging strategies	4
Lec 3	Feynman-Kac formula and Blacka-Scholes formula	2
Lec 4	Bachelier model	2
Lec 5	Risk-Neutral and Real World scenarios, deflator and its applications	2
Lec 6	Modeling of term structure	2
Lec 7	Vasicek and Cox-Ingerson-Ross models, HJM model, LIBOR model	4
Lec 8	Calibration of interest rate instruments	2
Lec 9	Valuation of debt instruments and interest rate derivatives (bonds, cap/floor, caplet/floorlet and swaptions)	2
Lec10	Subdiffusive Black-Scholes and Bachelier models	2
Lec11	Fractional Brownian motion in finance	2
Lec12	Gerber-Shiu model, Esscher transform	2
	Total hours	30
<b>Form of classes - class</b>		<b>Number of hours</b>
Cl 1	Illustration of all models.. Analytical and computer methods. Examples of pricing derivatives.	30
	Total hours	30
<b>TEACHING TOOLS USED</b>		
N1. Lecture problem - traditional method. N2. Problem and counting exercises. N3. Consultations. N4. Student's self work - preparation for exercises.		

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W01	exam

	PEK_W02 PEK_K01	
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral responses, tests, small tests
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b> [1] A. Weron, R. Weron (1998) Inżynieria finansowa, WNT		
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b> [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.		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<b>Dr hab. Marcin Magdziarz (Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl)</b>		

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
 SUBJECT  
 ECONOMATHEMATICS MAT001562  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
 APPLIED MATHEMATICS  
 AND SPECIALIZATION  
 FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_W09 K2MST_fam_W01	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W16 K2MST_W17 K2MST_W18 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Cl 1	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1-Lec 10, Cl 1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	180				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	6				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)		4			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze twierdzenia z głównych działów równań różniczkowych

PEK\_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:

PEK\_U01 potrafi analizować podstawowe zagadnienia z równań różniczkowych

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_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 (IMIĘ, 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))

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
DIFFERENTIAL EQUATIONS MAT001536  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02	C1-C3	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_mic_W03	C1-C3	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U06 K2MST_U08 K2MST_U09 K2MST_U15 K2MST_mic_U01	C1-C3	Cw1	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U16 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1-C3	Cw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1-C3	Wy1-Wy15, Cw1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C3	Wy1-Wy15, Cw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Równania różniczkowe cząstkowe z zastosowaniami w fizyce i przemyśle

**Name in English:** Partial differential equations with applications in physics and industry

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** Mathematics for Industry and Commerce

**Level and form of studies:** 1st/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*

**Kind of subject:** obligatory / ~~optional~~ / ~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001536

**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	180				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	6				
including number of ECTS points for practical (P) classes		4			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1	2			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply classical notions and methods of real and complex analysis.
2. Student knows and can apply elementary notions and methods of ordinary differential equations.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of basic notions and acquisition of knowledge in the area of differential equations.
- C2 Study of basic applications of partial differential equations in science, technology and industry.
- C3 Acquisition of basic abilities in mathematical modelling by partial differential equations.

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge the student:

PEK\_W01 knows the most important theorems from main areas of differential equations

PEK\_W02 knows basics of modelling by differential equations in technology and natural sciences, especially in physics, chemistry and biology.

relating to skills the student:

PEK\_U01 can analyze basic problems of differential equations,

PEK\_U02 can construct mathematical models with the usage of differential equations in concrete applications of mathematics.

relating to social competences the student:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

PEK\_K02 understands necessity of systematic and individual work on the material of the course.

### PROGRAMME CONTENT

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec1	A reminder of information concerning first order partial differential equations. Methods of characteristics, weak solutions and shock waves.	4
Lec2	Second order partial differential equations and their classification. Physical motivations.	2
Lec3	Parabolic equations and their applications (heat, diffusion). Initial-boundary problems, method of separation of variables, Fourier transform, fundamental solution, maximum principle.	8
Lec4	Hyperbolic equations and their applications (vibration of strings, membranes and beams; acoustical, mechanical and electromagnetic waves). D'Alembert's solution, initial-boundary problems, method of separation of variables, Kirchhoff's solution, Huygens' principle.	8
Lec5	Elliptic equations and their applications (stationary temperature distribution, gravitational and electrostatic potential). Boundary value problems, eigenfunctions, Poisson's equation, Green's function.	6
Lec6	The calculus of variations and its applications. Euler-Lagrange equation, Lagrangian mechanics, geodesic equation, minimal surface equation.	2
	Total hours	<b>30</b>
<b>Form of classes - Class</b>		<b>Number of hours</b>
Cl1	Solving of problems for differential equations and their applications.	<b>30</b>
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method

N2. Tutorial class

N3. Consultations

N4. Student's personal work – preparation for the laboratory

## EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	Oral presentations, tests, written reports.
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] S.J.Farlow, Partial Differential Equations for Scientists and Engineers, Dover Publications, 1993.</p> <p>[2] R.Haberman, Applied Partial Differential Equations with Fourier Series and Boundary Value Problems, Pearson, 2012.</p> <p>[3] A. N. Tichonow, A. A. Samarski, Równania fizyki matematycznej, PWN 1963.</p>		
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] J. Ockendon, S. Howison, A. Lacey &amp; A. Movchan, Applied Partial Differential Equations, Oxford University Press, Oxford 1999.</p> <p>[2] L. C. Evans, Równania różniczkowe cząstkowe, PWN 2002.</p>		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<p><b>Prof. dr hab. Wojciech Okrański</b> (<a href="mailto:wojciech.okrasinski@pwr.edu.pl">wojciech.okrasinski@pwr.edu.pl</a>)</p> <p><b>dr inż. Łukasz Płociniczak</b> (<a href="mailto:lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl">lukasz.plociniczak@pwr.edu.pl</a>)</p>		

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
**DIFFERENTIAL EQUATIONS MAT001536**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
**APPLIED MATHEMATICS**  
AND SPECIALIZATION MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
**COMMERCE**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_mic_W01 K2MST_mic_W02	C1-C3	Lec1-Lec15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_mic_W03	C1-C3	Lec1-Lec15	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U06 K2MST_U08 K2MST_U09 K2MST_U15 K2MST_mic_U01	C1-C3	C11	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U16 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1-C3	C11	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1-C3	Lec1-Lec15 C11	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C3	Lec1-Lec15 C11	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>MODELE UBEZPIECZEŃ ŻYCIOWYCH</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Life insurance models</b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b>APPLIED MATHEMATICS</b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>Financial and Actuarial Mathematics</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>MAT001564</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

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

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

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

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**MODELE UBEZPIECZEŃ ŻYCIOWYCH MAT001564**  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **APPLIED MATHEMATICS**  
I SPECJALNOŚCI **FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS****

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_W22 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy15, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: MODELE UBEZPIECZEŃ ŻYCIOWYCH</b>					
<b>Name in English: Life insurance models</b>					
<b>Main field of study (if applicable): Applied Mathematics</b>					
<b>Specialization (if applicable): Financial and Actuarial Mathematics</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: obligatory / <del>optional</del> / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code MAT001564</b>					
<b>Group of courses YES / <del>NO</del>*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.5	1.5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the probability theory

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the classical concepts and acquisition of the knowledge of life insurance mathematics

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important concepts of life insurance mathematics

PEK\_W02 knows principles of stochastic modeling in life insurance mathematics

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models used in life insurance mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

<b>PROGRAMME CONTENT</b>		
<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Distribution of the future lifetime including probability of survival and death, force of mortality.	2
Lec 2	Life tables	2
Lec 3	Assumptions for fractional ages	2
Lec 4	Analytical laws of mortality	2
Lec 5	Multiple state models with estimation methods of their parameters and estimation methods of future lifetime (including Nelson-Aalen and Kaplan-Meier estimators)	4
Lec 6	Life insurance payable at the moment death and at the end of the year of death	3
Lec 7	Discrete and continuous annuities	3
Lec 8	Net premiums in fully discrete and continuous insurance contracts	4
Lec 9	Commutation functions	2
Lec 10	Gross premiums	2
Lec 11	Pension funds	4
	Total hours	<b>30</b>
<b>Form of classes - class</b>		<b>Number of hours</b>
Cl 1	Solving of problems illustrating theory given in the lectures, solving of problems from actuarial exams	30
	Total hours	<b>30</b>
<b>TEACHING TOOLS USED</b>		
N1. Lecture – traditional method. N2. Problem-solving classes. N3. Consultations. N4. Student’s self-work – preparation for the classes.		

### **EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral presentations, tests
$P=0.5*F1+0.5*F2$		

<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b> [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
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b> <b>Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw. (<a href="mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl">Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl</a>)</b> <b>Dr hab. inż. Agnieszka Wyłomańska, prof. nadzw. (<a href="mailto:Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl">Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl</a>)</b>

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**LIFE INSURANCE MODELS MAT001564**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
**APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION  
FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
PEK_W01 (knowledge)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Lec 1- Lec 15	1,3
PEK_W02	K2MST_W09 K2MST_W22 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1- Lec 15	1,3
PEK_U01 (skills)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	C1 1	2,3,4
PEK_K01 (competences)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1- Lec 15, C1 1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: Zarządzanie Ryzykiem Finansowym</b>					
<b>Name in English: Financial Risk Management</b>					
<b>Main field of study (if applicable): Applied Mathematics</b>					
<b>Specialization (if applicable): Financial and Actuarial Mathematics</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time /<del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code MAT001565</b>					
<b>Group of courses YES /<del>NO</del>*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5	1,5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has an elementary knowledge of financial markets and (discrete and continuous) models of financial mathematics

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Learning and mastery of key concepts and methods in the field of financial mathematics

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important models and techniques of financial engineering

PEK\_W02 knows the basics of stochastic and numerical modeling in financial engineering

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models used in financial engineering

relating to social competences:

PEK\_K01 can by himself search for information in the literature, even in foreign languages

<b>PROGRAMME CONTENT</b>		
<b>Form of classes – lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Fundamental theorems of asset pricing - overview	2
Lec 2	Greek parameters, delta/gamma hedging	2
Lec 3	Volatility modeling	2
Lec 4	Exotic options – overview	4
Lec 5	Stochastic control	2
Lec 6	Risk measures and financial risk	2
Lec 7	Portfolio pricing	2
Lec 8	Construction of optimal portfolio, effectiveness measures of investment portfolio	2
Lec 9	Measuring of default, asset and liability management and hedging strategies, immunization	2
Lec 10	Credit risk management	4
Lec 11	Operational risk management	2
Lec 12	Time variation in risk	2
Lec 13	Backtesting and stress testing	2
	Total hours	30
<b>Form of classes - class</b>		<b>Number of hours</b>
Cl 1	Illustration of all models.. Analytical and computer methods. Examples of pricing derivatives.	30
	Total hours	30
<b>TEACHING TOOLS USED</b>		
N1. Lecture problem - traditional method. N2. Problem and counting exercises. N3. Consultations. N4. Student's self work - preparation for exercises.		

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>

F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral responses, tests, small tests
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] A. Weron, R. Weron (1998) Inżynieria finansowa, WNT  [2] P. Jorion (2003) Financial risk manager handbook, Wiley.</p>		
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[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.</p>		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<b>Prof. dr hab. Zbigniew Palmowski</b> (Zbigniew.Palmowski@pwr.edu.pl)		

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT FINANCIAL RISK MANAGEMENT MAT001565  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION FINANCIAL AND ACTUARIAL  
MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Cl 1	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1-Lec 10, Cl 1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above



<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: ZARZĄDZANIE RYZYKIEM FINANSOWYM</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Financial Risk Management</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: <del>obowiązkowy</del>/ wybieralny / <del>ogólnouczelniany*</del></b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001565</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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze metody i produkty z inżynierii finansowej

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

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	Egzamin
F2	PEK_U01 PEK_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### 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 (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
FINANCIAL RISK MANAGEMENT MAT001565  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy10, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**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,  
 COMPUTATIONAL MATHEMATICS  
**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

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

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

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

(w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru)	kształcenia	
F1	PEK_W01 PEK_W02	Kolokwium
F2	PEK_U01 PEK_K01	Odpowiedzi ustne, kartkówki, projekty.
P=0.5F1+0.5F2		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b>
[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.
<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
[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
<b>OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>
<b>Prof. dr hab. Rafał Weron</b> (rafal.weron@pwr.edu.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
FINANSE OBLICZENIOWE MAT001566  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS,  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)	Cele przedmiotu**	Treści programowe**	Numer narzędzia dydaktycznego**
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_fam_W01 K2MST_cm_W01	C1, C2	Wy1-Wy15	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_cm_W02	C1, C2	Wy1-Wy15	1

	K2MST_cm_W03			
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C2	Wy1-Wy15 La1-La15	1,2
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1, C2	La1-La15	2

\*\* - z tabeli powyżej



**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Finanse Obliczeniowe

**Name in English:** Computational Finance

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS,  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS

**Level and form of studies:** ~~1st~~/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*

**Kind of subject:** ~~obligatory~~-/ optional / ~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001566

**Group of courses** YES / NO\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic notions of financial mathematics.
2. Student knows basics of computer programming.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of concepts and acquisition of knowledge concerning algorithms and methods in computational finance

C2 Acquisition of abilities in implementing selected models and methods

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge the student:

PEK\_W01 knows basic models and algorithms used in finance

PEK\_W02 has in-depth knowledge regarding numerical implementation of selected derivatives pricing techniques

relating to skills the student:

PEK\_U01 can implement and apply in practice computational techniques used in finance

relating to social competences the student:  
 PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the scientific literature

<b>PROGRAMME CONTENT</b>		
<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec1-2	Derivatives: forwards, futures, swaps and options. Portfolio construction and pricing. Sensitivity analysis.	4
Lec3-4	Binomial pricing: CRR, JR and „exact” trees. Hedging strategies. Trinomial trees.	4
Lec5-6	Binomial and trinomial pricing of path dependent derivatives.	4
Lec7-8	Monte Carlo (MC): Euler and Milstein schemes, variance reduction, correlated variates, quasi-random numbers.	4
Lec9-10	MC pricing of American options.	4
Lec11-12	Finite difference schemes: explicit, implicit, Crank-Nicolson, hopscotch.	4
Lec13-14	Partial differential equations technique.	4
Lec15	Test	2
Total hours		<b>30</b>

<b>Form of classes - Class</b>		<b>Number of hours</b>
La1-15	Implementation (Matlab, R, Excel/VB, C++, Java and/or Python) of algorithms and methods discussed during lectures	2
Total hours		<b>30</b>

<b>TEACHING TOOLS USED</b>
N1. Lecture – traditional method N2. Laboratory – traditional method

### **EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W01 PEK_W02	Written test

F2	PEK_U01 PEK_K01	Discussions, tests, projects.
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[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.</p>		
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[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</p>		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<b>Prof. dr hab. Rafał Weron (rafal.weron@pwr.edu.pl)</b>		

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
COMPUTATIONAL FINANCE MAT001566  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS AND SPECIALIZATION FINANCIAL AND  
ACTUARIAL MATHEMATICS, COMPUTATIONAL  
MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W04, K2MST_W09 K2MST_fam_W01 K2MST_cm_W01	C1, C2	Lec1-Lec15	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1, C2	Lec1-Lec15	1
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C2	Lec1-Lec15  La1-La15	1,2
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1, C2	La1-La15	2

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

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

**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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_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 Wyłagalność 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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_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 Wyłomańska, prof. nadzw. ([Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl](mailto:Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl))**

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**MODELE UBEZPIECZENIOWE W PRZEMYŚLE MAT001567**  
**Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS**  
**I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS****

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02	C1	Wy1-Wy12	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy12	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy12, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish: MODELE UBEZPIECZENIOWE W PRZEMYŚLE**

**Name in English: Insurance models for industry**

**Main field of study (if applicable): Applied Mathematics**

**Specialization (if applicable): Financial and Actuarial Mathematics**

**Level and form of studies: 1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\***

**Kind of subject: obligatory / optional / university-wide\***

**Subject code MAT001567**

**Group of courses YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting</del> with grade*				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the stochastic processes
2. Student knows principles of MATLAB numerical computing environment

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the classical concepts and acquisition of the knowledge of insurance models in industry

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important concepts of insurance models in industry

PEK\_W02 knows principles of stochastic modeling in actuarial mathematics

relating to skills:

PEK\_U01 can construct actuarial models, that can be applied to industry insurance

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

**PROGRAMME CONTENT**

Form of classes - lecture	Number of hours
---------------------------	-----------------

Lec 1	Types of insurance policies in industry. Solvency II in Non-Life Insurance.	2
Lec 2	Premium principles, risk measures.	2
Lec 3	Franchises and their types. Pricing of net premiums with franchise.	2
Lec 4	Individual risk model.	2
Lec 5	Approximations for total loss in individual risk model	2
Lec 6	Collective risk model. Frequency and severity distributions of claims. Parameters and distributions of aggregate claim amount.	2
Lec 7	Compound Poisson model. Practical consequences of the theorem on the sum of compound Poisson risk.	2
Lec 8	The (a,b) class of distribution. Mixed Poisson model.	2
Lec 9	Risk proces. The adjustment coefficient. The probability of ruin.	4
Lec 10	Distribution of the maximal aggregate coefficient and ruin probability. Pollaczek-Khinchin formula.	3
Lec 11	Approximations of ruin probability in finite and infinite time horizon	2
Lec 12	System Bonus-Malus	2
Lec 13	Credibility theory	3
	Total hours	<b>30</b>
<b>Form of classes - laboratory</b>		<b>Number of hours</b>
Lab 1	Solving of problems illustrating theory given in the lectures	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method  
N2. Computer laboratory with MATLAB numerical computation environment  
N3. Consultations  
N4. Student’s self-work – preparation for the laboratory

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral presentations, tests
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

**PRIMARY LITERATURE:**

- [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

**SECONDARY LITERATURE:**

- [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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

**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))**

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
 SUBJECT  
 INSURANCE MODELS FOR INDUSTRY MAT001567  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
 MATHEMATICS  
 AND SPECIALIZATION FINANCIAL AND ACTUARIAL  
 MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_fam_W01 K2MST_fam_W02	C1	Lec 1- Lec 12	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1- Lec 12	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Lab 1	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1- Lec 12, Lab 1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: REZERWY W UBEZPIECZENIACH ŻYCIOWYCH I MAJĄTKOWYCH</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Reserves in life and non-life insurance</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: <del>obowiązkowy</del> / wybieralny / <del>ogólnouczelniany*</del></b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001568</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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody matematyki aktuarialnej w zakresie tworzenia rezerw w ubezpieczeniach życiowych i majątkowych

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce aktuarialnej ubezpieczeń życiowych i majątkowych

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne wykorzystywane w matematyce aktuarialnej w zakresie tworzenia rezerw w ubezpieczeniach życiowych i majątkowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Wprowadzenie do wykładu, przegląd rodzajów rezerw ubezpieczeniowych.	2
Wy2	Rezerwy netto w ubezpieczeniach na życie.	4
Wy3	Strata ubezpieczyciela (tw. Hattendorffa).	2
Wy4	Zysk techniczny i sposoby jego podziału.	2
Wy5	Rezerwy brutto w ubezpieczeniach na życie, rezerwa Zillmera.	2
Wy6	Ubezpieczenia od wielu przyczyn: składki netto, rezerwy.	4
Wy7	Ubezpieczenia „na wiele żyć”: składki netto, rezerwy.	6
Wy8	Rezerwy techniczno-ubezpieczeniowe w ubezpieczeniach majątkowych, w tym trójkąty szkodowe, metoda chain-ladder, rezerwa IBNR, rezerwa składek.	4
Wy9	System Wypłacalność II a rezerwy techniczno-ubezpieczeniowe, w tym najlepsze oszacowanie, margines ryzyka, rezerwy dla celów rachunkowości.	4
	Suma godzin	<b>30</b>

Forma zajęć - ćwiczenia		Liczba godzin
Ćw1	Rozwiązywanie zadań ilustrujących teorię podaną na wykładzie, rozwiązywanie zadań z egzaminu na 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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, prezentacje
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni „Actuarial Mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.
- [2] H. U. Gerber „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin 1997.
- [3] M. J. Goovaerts i inni „Effective Actuarial Methods”; North Holland, 1990.
- [4] R. Kaas i inni „Modern Actuarial Risk Theory”; Kluwer Academic Publishers, 2001.

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

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

**Dr inż. Marek Teuerle** ([Marek.Teuerle@pwr.edu.pl](mailto:Marek.Teuerle@pwr.edu.pl))

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
REZERWY W UBEZPIECZENIACH ŻYCIOWYCH I MAJĄTKOWYCH  
MAT001568  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Wy1-Wy8	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy8	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy8, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: REZERWY W UBEZPIECZENIACH ŻYCIOWYCH I MAJĄTKOWYCH</b>					
<b>Name in English: Reserves in life and non-life insurance</b>					
<b>Main field of study (if applicable): Applied Mathematics</b>					
<b>Specialization (if applicable): Financial and Actuarial Mathematics</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code MAT001568</b>					
<b>Group of courses YES / <del>NO</del>*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *	Examination / <del>crediting with grade</del> *
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.5	1.5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the probability theory
2. Student knows and can apply basic concepts of actuarial mathematics including life and non-life insurance.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the classical concepts and acquisition of the knowledge of reserving in life and non-life insurance

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important concepts of reserving in life and non-life insurance mathematics

PEK\_W02 knows principles of stochastic modeling in life and non-life insurance mathematics

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models used in reserving in life and non-life insurance mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Introduction to the course, survey over provision types.	2
Lec 2	Net reserves in life insurance.	4
Lec 3	Decomposition of the loss random variable (Hattendorff's theorem).	2
Lec 4	Technical gain.	2
Lec 5	Gross reserves in life insurance, Zillmer's reserve	2
Lec 6	Multiple decrement model: net premiums and reserves	4
Lec 7	Multiple life insurance: net premiums and reserves	6
Lec 8	Provisions in non-life insurance, including loss data triangles, chain-ladder method, IBNR, premium reserve	4
Lec 9	Solvency II - technical provisions, best estimate, risk margin, technical provisions for accounting purposes	4
	Total hours	<b>30</b>
Form of classes - class		Number of hours
Cl 1	Solving of problems illustrating theory given in the lectures, solving of problems from actuarial exams	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method.

N2. Problem-solving classes.

N3. Consultations.

N4. Student's self-work – preparation for the classes.

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01	exam

	PEK_W02 PEK_K01	
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral presentations, tests
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] N. L. Bowers et al. „Actuarial Mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois 1997.</p> <p>[2] H. U. Gerber „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin 1997.</p> <p>[3] M. J. Goovaerts et al. „Effective Actuarial Methods”; North Holland, 1990.</p> <p>[4] R. Kaas et al. „Modern Actuarial Risk Theory”; Kluwer Academic Publishers, 2001.</p>		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<p><b>Dr hab. inż. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw. (<a href="mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl">Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl</a>)</b></p> <p><b>Dr inż. Marek Teuerle (<a href="mailto:Marek.Teuerle@pwr.edu.pl">Marek.Teuerle@pwr.edu.pl</a>)</b></p>		

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
 SUBJECT  
 RESERVES IN LIFE AND NONLIFE INSURANCE MAT001568  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
 APPLIED MATHEMATICS  
 AND SPECIALIZATION  
 FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Lec 1- Lec 8	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1- Lec 8	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	CI 1	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1- Lec 8, CI 1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze twierdzenia i metody związane z zarządzaniem ryzykiem w zakresie ubezpieczeń życiowych i majątkowych

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego w zarządzaniu ryzykiem

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne oraz używać metod wykorzystywanych w zarządzaniu ryzykiem w zakresie ubezpieczeń życiowych i majątkowych

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_K01	Prezentacje cząstkowa i prezentacja końcowa projektu
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

## LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

- [1] N. L. Bowers i inni, „Actuarial mathematics”, The Society of Actuaries, Itasca, Illinois, 1997.
- [2] H. U. Gerber, „Life insurance mathematics”, Springer-Verlag, Berlin, 1997.
- [3] C. D. Daykin i inni, „Practical risk theory for actuaries”, Chapman & Hall, London, 1996.
- [4] R. Kaas, M. Goovaerts, J. Dhaene, M. Denuit „Modern actuarial Risk Theory”, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008.
- [5] P.M. Booth, R. G. Chadburn, S. Haberman et al. „Modern actuarial theory and practice” 2nd ed.; Chapman & Hall, 2005
- [6] M. V. Wüthrich, M. Merz, „Financial Modeling, Actuarial Valuation and Solvency in Insurance”, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [7] DIRECTIVE 2009/138/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 25 November 2009 on the taking-up and pursuit of the business of Insurance and Reinsurance (Solvency II)

### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

- [1] L. Hölscher, P. Harding, G. M. Becker, „ Financing the Embedded Value of Life Insurance Portfolios”, HfB – Working Paper Series, 2005.

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

**Dr inż. Marek Teuerle** ([Marek.Teuerle@pwr.edu.pl](mailto:Marek.Teuerle@pwr.edu.pl))

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
METODY AKTUARIALNE W ZARZĄDZANIU RYZYKIEM MAT001569  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Wy1-Wy9	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Wy1-Wy9	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Pr1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Wy1-Wy9, Pr1	1, 2, 3, 4



<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: ZARZĄDZANIE RYZYKIEM W UBEZPIECZENIACH</b>					
<b>Name in English: Risk management in insurance</b>					
<b>Main field of study (if applicable): Applied Mathematics</b>					
<b>Specialization (if applicable): Financial and Actuarial Mathematics</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code MAT001569</b>					
<b>Group of courses YES / <del>NO</del>*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30			30	
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	<del>Examination / crediting with grade*</del>	<del>Examination / crediting with grade*</del>	<del>Examination / crediting with grade*</del>	<del>Examination / crediting with grade*</del>	<del>Examination / crediting with grade*</del>
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2			2	
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1.5			1.5	

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the probability theory
2. Student knows and can apply basic concepts of actuarial mathematics including life and non-life insurance.
3. Student knows and can apply basic concepts of reserving in life and non-life insurance mathematics

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the classical concepts and acquisition of the knowledge of risk management in life and non-life insurance

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important concepts of risk management in life and non-life insurance mathematics

PEK\_W02 knows principles of stochastic modeling in risk management

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models and apply methods used in risk management in life and non-life insurance mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Risk management in insurance, actuarial function, risk management function	2
Lec 2	Capital management, risk appetite, risk measures (including RAROC, RORAC)	2
Lec 3	Solvency II: capital requirements, standard formula, internal models, risk categories	6
Lec 4	Profitability and risk exposure tests, monitoring of actuarial assumptions or parameters	4
Lec 5	Risk exposure reduction methods, methods and instruments of risk transfer including alternative risk transfers (ART)	4
Lec 6	Proportional and non-proportional reinsurance as method of risk exposure reduction	4
Lec 7	Actuarial pricing in life and non-life insurance, risk factors.	2
Lec 8	Application of derivatives in insurance	3
Lec 9	Pricing of catastrophe bonds.	3
	Total hours	<b>30</b>
Form of classes - project		Number of hours
Pr 1	Preparation and presentations of projects illustrating theory given in the lectures.	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method and presentations
- N2. Student partial project presentation and final presentation
- N3. Consultations
- N4. Student's self-work – work on the project development

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P –	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
--	---------------------------	--

concluding (at semester end)		
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	Partial project presentations, final project presentation
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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)

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [1] L. Hölscher, P. Harding, G. M. Becker, „ Financing the Embedded Value of Life Insurance Portfolios”, HfB – Working Paper Series, 2005.

#### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

**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))

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
 SUBJECT  
 ACTUARIAL METHODS IN RISK MANAGEMENT MAT001569  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
 APPLIED MATHEMATICS  
 AND SPECIALIZATION  
 FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_fam_W01	C1	Lec 1- Lec 9	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_fam_W02 K2MST_fam_W03	C1	Lec 1- Lec 9	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_fam_U01 K2MST_fam_U02 K2MST_fam_U03	C1	Pr 1	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_fam_K01 K2MST_fam_K02	C1	Lec 1- Lec 9, Pr 1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<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>	
Kierunek studiów (jeśli dotyczy): <b>APPLIED MATHEMATICS</b>	
Specjalność (jeśli dotyczy): <b>Mathematics for Industry and Commerce</b>	
Stopień studiów i forma:	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
Rodzaj przedmiotu:	<b>obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>
Kod przedmiotu	<b>MAT001570</b>
Grupa kursów	<b>TAK / NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5		1,5		

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

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

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstawowych pojęć i opanowanie wiedzy z zakresu metod numerycznych stosowanych w równaniach różniczkowych.
- C2 Poznanie podstawowych technik numerycznych stosowanych w dyskretyzacji równań różniczkowych.
- C3 Nabycie podstawowych umiejętności w konstruowaniu i analizowaniu schematów różnicowych dla równań różniczkowych.

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawy konstruowania własnych schematów numerycznych

Z zakresu umiejętności student:

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać informacje w literaturze

PEK\_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 KSZTAŁCENIA**

<b>Oceny</b> (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	<b>Numer efektu kształcenia</b>	<b>Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia</b>
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	prezentacja przydzielonego problemu
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	odpowiedzi ustne, kolokwia, kartkówki
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

<b>LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA</b>
--

<b><u>LITERATURA PODSTAWOWA:</u></b>
--------------------------------------

- |   |
|---|
| [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 |

<b><u>LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:</u></b>
---

- |  |
|--|
| [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          |

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

<b>Dr hab. Wojciech Mydlarczyk (Wojciech.Mydlarczyk@pwr.edu.pl)</b>
---



**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
METODY NUMERYCZNE W RÓWNANIACH RÓŻNICZKOWYCH MAT001570  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1-C3	Wy1-Wy13	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1-C3	Wy1-Wy13	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28 K2MST_U29 K2MST_mic_U01	C1-C3	La1- La8	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U16 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1-C3	La1- La8	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1-C3	Wy1-Wy13, La1- La8	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C3	Wy1-Wy13, La1- La8	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish: METODY NUMERYCZNE W RÓWNANIACH RÓŻNICZKOWYCH**

**Name in English: Numerical methods in differential equations**

**Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS**

**Specialization (if applicable): Mathematics for Industry and Commerce**

**Level and form of studies: ~~1st~~ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\***

**Kind of subject: ~~obligatory~~ / optional / ~~university-wide~~\***

**Subject code MAT001570**

**Group of courses YES / ~~NO~~\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has basic knowledge and abilities on mathematical analysis.
2. Student has basic knowledge concerning programming environments: Matlab/Mathematica/Mapple.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of basic notions and knowledge in the area of numerical methods applied in differential equations
- C2 Study of basic numerical techniques used in discretization of differential equations.
- C3 Acquisition of basic abilities in constructing and analyzing difference schemes for differential equations

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge student:

PEK\_W01 knows the most important numerical techniques used in solving problems for differential equations

PEK\_W02 knows bases of constructing own numerical schemes

relating to skills student:

PEK\_U01 is able to analyze basic problems in differential equations with respect to application of suitable approximate methods

PEK\_U02 is able to construct mathematical models used in concrete applications of mathematics, based on differential equations and their discrete forms.

...

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature

PEK\_K02 understands necessity of systematic and individual work on the material of the course.

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Recalling basic facts of theory of ordinary differential equations.	2
Lec 2	Explicit and implicit Euler method of approximate solving of ordinary differential equations and their systems.	2
Lec 3	Runge-Kutta type methods and other schemes of approximation of ordinary differential equations and their systems.	2
Lec 4	Multi-step methods, stability of numerical methods. Stiff problems.	2
Lec 5	Methods of approximation of boundary value problems for second order ordinary differential equations: shooting methods and difference methods.	2
Lec 6	Methods of approximation of boundary value problems for second order ordinary differential equations: Ritz-Galerkin method.	2
Lec 7	Difference methods for first order partial differential equations. CFL condition.	2
Lec 8	Recalling basic facts of theory of second order partial differential equations.	2
Lec 9	Difference approximation of elliptic boundary value problems on the plane.	2
Lec 10	Variational formulation of boundary value problems for elliptic type equations.	2
Lec 11	Ritz-Galerkin and finite element methods for elliptic problems.	2
Lec 12	Difference methods for parabolic problems. Explicit and implicit schemes for heat conduction equation.	2
Lec 13	Stability of approximate method. Crank-Nicholson scheme for equations of parabolic type.	2
Lec 14	Difference methods for the vibrating string problem and other	4

	hyperbolic problems.	
	Total hours	30

<b>Form of classes - laboratory</b>		<b>Number of hours</b>
Lab 1	Computer construction of solution of ordinary differentia equations.	4
Lab 2	Practical verifying of efficacy of automatic exactness control.	2
Lab 3	Visualization and comparison of usefulness of various methods.	4
Lab 4	Algorithms for numerical methods of solution of one-dimensional boundary value problems for elliptic equations.	4
Lab 5	Discretisation of hyperbolic first order problems. Conditions of stability and convergence of approximate methods.	4
Lab 6	Discretization of two-dimensional boundary value problem for elliptic equations.	4
Lab 7	Difference schemes of approximation of one-dimensional parabolic equation.	4
Lab 8	Difference method of discretization of the vibrating string equation.	4
	Total hours	

<b>TEACHING TOOLS USED</b>
N1. Lecture – traditional method. N2. Problem and computing laboratory – traditional and using computers method. N3. Consultations. N4. Student’s personal work – preparation for the laboratory.

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	Presentation of given problems.
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	Oral presentations, tests.
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>
---

**PRIMARY LITERATURE:**

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

**SECONDARY LITERATURE**

- [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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**NUMERICAL METHODS IN DIFFERENTIAL EQUATIONS MAT001570**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION **MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
COMMERCE**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1-C3	Lec1- Lec14	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1-C3	Lec1- Lec14	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U28 K2MST_U29 K2MST_mic_U01	C1-C3	La1-La8	2,3,4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U16 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1-C3	La1-La8	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1-C3	Lec1- Lec14, La1-La8	1,2,3,4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C3	Lec1- Lec14, La1-La8	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish</b> WSTĘP DO STOSOWANEJ DYNAMIKI CIECZY					
<b>Name in English</b> INTRODUCTION TO APPLIED FLUID DYNAMICS					
<b>Main field of study (if applicable):</b> APPLIED MATHEMATICS					
<b>Level and form of studies:</b> 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del> *					
<b>Kind of subject:</b> <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del> *					
<b>Subject code</b> MAT001571					
<b>Group of courses</b> YES / <del>NO</del> *					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30			30	
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting</del> with grade*				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2			2	
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5			1,5	

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has the standard knowledge of the classical concepts, theorems and methods of real and complex analysis
2. Student has basic knowledge of concepts and methods of the ordinary differential equations

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the advanced methods of mathematical analysis in mathematical modeling of the dynamics fluid phenomena.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows advanced theorems of the Real and complex analysis related to the fluid dynamics

PEK\_W02 has advanced knowledge concerning mathematical analysis: is able to understand formulations of the studied problems related to the fluid dynamics

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models applied in the fluid dynamics

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Reminder of the vector analysis elements	2
Lec 2	Reminder of the vector analysis elements	2
Lec 3	Reminder of the complex analysis elements	2
Lec 4	Conformal mappings	2
Lec 5	Laws of conservation	2
Lec 6	Equations of motion for an ideal fluid	2
Lec 7	Elementary viscous flow	2
Lec 8	Waves	2
Lec 9	Waves	2
Lec 10	Shock waves modelling	2
Lec 11	Classical aerofoil theory	2
Lec 12	Classical aerofoil theory	2
Lec 13	Nonlinear models in diffusion phenomena	2
Lec 14	Boundary layers	2
Lec 15	Computational fluid dynamics (CFD)	2
	Total hours	<b>30</b>

Form of classes - project		Number of hours
Pr 1	Preparation and presentations of projects illustrating theory given in the lectures.	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method and presentations
- N2. Student partial project presentation and final presentation
- N3. Consultations
- N4. Student's self work – work on the project development

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P –	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
--	---------------------------	--



concluding (at semester end)		
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	Partial project presentations, final project presentation
C $P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] B. J. Acheson, Elementary Fluid Dynamics.  [2] H. Ockendon, A. B. Tayler, Inviscid Fluid Flows.</p>		
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
<p>[1] J. D. Logan, Applied Mathematics. A Contemporary Approach.  [2] K. Ericsson, D. Estep, P. Hansbo, C. Johnson, Computational Differential Equations.</p>		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<p><b>Prof. dr hab. Wojciech Okraśiński</b> (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)  <b>Dr inż. Łukasz Płociniczak</b> (Lukasz.Plociniczak@pwr.edu.pl)</p>		

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
REAL AND COMPLEX ANALYSIS IN MATHEMATICAL MODELLING  
MAT001571 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION MATHEMATICS  
FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1	Lec1-Lec15	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W06 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Lec1-Lec15	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	Pr 1	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Lec1-Lec15 Pr 1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

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

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

Z zakresu umiejętności:

PEK\_U01 potrafi konstruować modele matematyczne wykorzystywane w dynamice cieczy

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK-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 (IMIĘ, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ANALIZA RZECZYWISTA I ZESPOLONA W MODELOWANIU  
MATEMATYCZNYM MAT001571  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W06 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	Pr 1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Wy1-Wy15, Pr 1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: METODY PERTURBACYJNE</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: Perturbation Methods</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 / niestacjonarna*</b>	
<b>Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>	
<b>Kod przedmiotu: MAT001572</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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie metod perturbacyjnych

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

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W1 PEK_W2	kolokwium
F2	PEK_U1 PEK-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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)**

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
 WYBRANE ASPEKTY METOD PERTURBACYJNYCH MAT001572  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
 I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04 K2MST_mic_W01	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Wy1-Wy15, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish</b> METODY PERTURBACYJNE					
<b>Name in English</b> Perturbation Methods					
<b>Main field of study (if applicable):</b> APPLIED MATHEMATICS					
<b>Specialization (if applicable):</b> Mathematics for Industry and Commerce					
<b>Level and form of studies:</b> <del>1st</del> / 2nd* level, full-time / <del>part-time</del> *					
<b>Kind of subject:</b> <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del> *					
<b>Subject code</b> MAT001572					
<b>Group of courses</b> YES / NO*					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**Mathematics PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. The student knows and he is able to use the classic concepts and theorems of mathematical analysis
2. Second He knows and is able to apply basic concepts and methods in the field of differential equations

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Understanding the basic concepts and mastering the basic techniques used in the methods of perturbation **Mathematics**

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 has in-depth knowledge of the methods of perturbation

PEK\_W02 know the numerical methods used to find approximate solutions mathematical problems (for example, differential equations) pose in the field of applied domain

relating to skills:

PEK\_U01 can construct mathematical models used in concrete advanced applications of mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can benefit from the scientific literature in English, including reaching the source materials and make them review

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Examples of problems leading to perturbation method	2
Lec 2	Regular perturbation method	2
Lec 3	Poincare-Lindstedt method	2
Lec 4	Asymptotes	2
Lec 5	Unreliability of the regular perturbation method	2
Lec 6	Singular perturbation method	2
Lec 7	The inner and outer approximations	2
Lec 8	Analysis of shoreline layer	2
Lec 9	Inner approximation and scaling	2
Lec 10	Combining internal and external approximation	2
Lec 11	Uniform approximation	2
Lec 12	Examples of uniform approximation	2
Lec 13	Phenomena associated with the film edge	2
Lec 14	Partial differential equations and perturbation methods	2
Lec 15	Algebraic equations and perturbation methods	2
	Total hours	30
Form of classes - class		Number of hours
Cl 1		
Cl 2		
Cl 3		
Cl 4		
..		
	Total hours	
Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Solving problems illustrating a lecture given theory using MATLAB	30

Total hours		30
Form of classes - project		Number of hours
Proj 1		
Proj 2		
Proj 3		
Proj 4		
...		
Total hours		

Form of classes - seminar		Number of hours
Sem 1		
Sem 2		
Sem 3		
...		
Total hours		

TEACHING TOOLS USED		
N1. Lecture - traditional method		
N2. Computer laboratory		
N3. Individual consultation		
N4. Student's own work - to prepare for the lab		

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W1 PEK_W2	test
F2	PEK_U1 PEK-K1	verbal responses, short tests, tests, reports
C=0.5*F1+0.5*F2		

**PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**

<p><b>PRIMARY LITERATURE:</b></p> <p>[1] E. J. Hinch, Perturbation Methods. [2] J. David Logan, Applied Mathematics.</p> <p><b>SECONDARY LITERATURE:</b></p> <p>[1] C.C.Lin, L.A.Segel, Mathematics Applied to Deterministic Problems in the Natural Sciencec, SIAM 1988</p>
--

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
Selected Aspects of Perturbation Methods MAT001572  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
COMMERCE**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W04 K2MST_mic_W01	C1	Lec1-Lec15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Lec1-Lec15	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	Lab1	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Lec1-Lec15, Lab1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawowe metody optymalizacji

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK-K01	odpowiedzi ustne, ćwiczenia obliczeniowe, kolokwia, projekty, sprawozdania
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### 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 Okrański** (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ANALIZA FUNKCJONALNA, TOPOLOGIA I OPTYMALIZACJA MAT001573  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1	Wy1-Wy9	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Wy1-Wy9	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Wy1-Wy9, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

Name in Polish: **Analiza Funkcjonalna i jej zastosowania**

Name in English: **Applied Functional\_analysis**

Main field of study (if applicable): **APPLIED MATHEMATICS**

Specialization (if applicable): **Mathematics for Industry and Commerce**

Level and form of studies: **1st/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\***

Kind of subject: **~~obligatory~~/ optional / ~~university-wide~~\***

Subject code **MAT0001573**

Group of courses **YES / ~~NO~~\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Egamination				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of mathematical analysis
2. Student knows and can apply basic concepts of linear algebra

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study of the classical concepts of topology, elements of optimization and functional analysis and its application to solve simple inverse problems

\*delete as applicable

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important theorems and hypothesis of functional analysis, topology

PEK\_W02 knows basic methods of optimisation

relating to skills:

PEK\_U01 knows and can apply methods of functional analysis

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec1	Introduction to functional analysis – real world problems modeled by operator equations	4
Lec 2	Elements of topology and linear spaces	2
Lec 3	Linear normed spaces	2
Lec 4	Hilbert spaces	2
Lec 5	Linear operators	4
Lec 6	Elements of spectra theory	4
Lec 7	Fundaments of optimisation	4
Lec 8	Role of functional analysis in solving inverse problems	4
Lec 9	Elements of functional analysis in numerical methods	4
Total hours		<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab1	Solving of problems illustrating theory given in the lectures using mathematical packages for numerical computing	30
Total hours		<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method

N2. Computer laboratory

N3. Consultations

N4. Student's self work – preparation for the laboratory

## EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	examination
F2	PEK_U01 PEK-K01	oral presentations, tests, projects, raports
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

**PRIMARY LITERATURE:**

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

**PRIMARY LITERATURE:**

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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
 FUNCTIONAL ANALYSIS, TOPOLOGY AND OPTIMIZATION MAT001573  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
 MATHEMATICS  
 AND SPECIALIZATION MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b> (knowledge)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1	Lec 1-Lec 9	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Lec 1- Lec 9	1, 3
<b>PEK_U01</b> (skills)	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	Lab 1	2, 3, 4

<b>PEK_K01</b> (competences)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Lec 1- Lec 9, Lab 1	1, 2, 3, 4
---------------------------------	---	----	------------------------	------------

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 ma pogłębioną wiedzę w zakresie metod nieliniowych

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

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02	kolokwium
F2	PEK_U01 PEK_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)

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**METODY NIELINIOWE MAT001574**  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **APPLIED MATHEMATICS**  
 I SPECJALNOŚCI **MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04 K2MST_mic_W01	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Wy1-Wy15, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish</b> METODY NIELINIOWE					
<b>Name in English</b> NONLINEAR METHODS					
<b>Main field of study (if applicable):</b> APPLIED MATHEMATICS					
<b>Specialization (if applicable):</b> MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE					
<b>Level and form of studies:</b> 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del> *					
<b>Kind of subject:</b> <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del> *					
<b>Subject code</b> MAT001574					
<b>Group of courses</b> YES / <del>NO</del> *					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has knowledge of concepts, theorems and methods of mathematical analysis
2. Student has knowledge of concepts and methods of differential equations

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Study basic concepts and nonlinear methods used in applications

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 has advanced knowledge concerning nonlinear methods

PEK\_W02 knows numerical methods applied for approximate solving of mathematical problems in applied sciences

relating to skills:

PEK\_U01 is able to construct mathematical models in advanced applications of mathematics

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Examples of nonlinear phenomena	2
Lec 2	Examples of nonlinear phenomena	2
Lec 3	Nonlinear oscillators	2
Lec 4	Bifurcation and stability	2
Lec 5	Van der Pol equation	2
Lec 6	Duffig equation	2
Lec 7	2-D systems of nonlinear equations – equilibrium points	2
Lec 8	Classification of the equilibrium points	2
Lec 9	Systems of nonlinear equations - attractors	2
Lec 10	Lorenz equation	2
Lec 11	Strange attractors	2
Lec 12	Belousov-Zhabotinsky equation	2
Lec 13	Benard cells – equations of hydrodynamics	2
Lec 14	Examples of nonlinear optimisation	2
Lec 15	Some methods of nonlinear optimisation	2
	Total hours	<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Solving of problems illustrating theory given in the lectures by analytic methods and with MATLAB	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method
- N2. Laboratory- solving problems with computers
- N3. Consultations
- N4. Student's self work – preparation for the laboratory

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P –	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement

concluding (at semester end)		
F1	PEK_W01 PEK_W02	test
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral answers, calculus trainings, presentations, short tests, tests
P==0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
[1]	D.W. Jordan, P. Smith, Nonlinear Ordinary Differential Equations	
[2]	G. Nicolis, Introduction to Nonlinear Science.	
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
[1]	D. P. Bertsekas, Nonlinear Programming	
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
Prof. dr hab. Wojciech Okrański (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)		

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**NONLINEAR METHODS MAT001574**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
**APPLIED MATHEMATICS**  
AND SPECIALIZATION MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W04 K2MST_mic_W01	C1	Lec1-Lec15	1,3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1	Lec1-Lec15	1,3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U01 K2MST_mic_U02 K2MST_mic_U03	C1	Lab1	2,3,4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mic_K02	C1	Lec1-Lec15 Lab1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Wprowadzenie do Problemów Odwrotnych

**Name in English:** Introduction to Inverse Problems

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE,  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION

**Level and form of studies:** 1st/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*

**Kind of subject:** ~~obligatory~~ / optional / ~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001575

**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	<del>Examination</del> / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows basic facts of mathematical analysis.
2. Knows MATLAB package for mathematical computing.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of classical examples of inverse problems.  
C2 Study of theory and basic concepts for inverse problems.  
C3 Study of numerical methods for solving inverse, ill-posed problems.



### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the definition of well-posedness

PEK\_W02 knows classical examples of inverse problems

PEK\_W03 knows basic methods of regularization

PEK\_W04 knows numerical methods for solving inverse problems

relating to skills:

PEK\_U01 understand the definition of well-posedness

PEK\_U02 be able to demonstrate examples of inverse problems

PEK\_U03 be able to apply numerical methods to solve inverse problems

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature.

PEK\_K02 understands the need for systematic work on course material

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Introduction to inverse problems. Definition of the well-posedness. Important classes of inverse problems.	2
Lec 2	Differentiation of a noisy data.	2
Lec 3	Computerized tomography. The Radon transform.	2
Lec 4	Inverse problems in image processing.	2
Lec 5	Parameter identification problems.	4
Lec 6	Ill-conditioned matrix equations	2
Lec 7	Regularization of linear ill-posed problems.	4
Lec 8	Tikhonov regularization.	2
Lec 9	Maximum entropy regularization.	2
Lec 10	Total variation regularization.	2
Lec 11	Estimation of the regularization parameters.	2
Lec 12	Iterative regularization	4
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Solving problems illustrating the methods given in the lecture using MATLAB package for scientific computing	30
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method  
 N2. Computer laboratory – working on a computer using MATLAB package for numerical computations  
 N3. Consultations  
 N4. Student’s self work – preparation for the laboratory

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W03, PEK_W04, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02	activity in the laboratory, oral presentation
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_W04, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	test
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

**PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**

**PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

**SECONDARY LITERATURE:**

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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**INTRODUCTION TO INVERSE PROBLEMS MAT001575**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY **APPLIED  
MATHEMATICS**  
AND SPECIALIZATION **MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
COMMERCE**  
**MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**Iności (o ile dotyczy)	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b> (knowledge)	K2MST_W06 K2MST_W08, K2MST_mic_W01 K2MST_mso_W01	C1, C2, C3	Lec 1,	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mso_W02	C1, C2, C3	Lec 1 - Lec 6, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W13 K2MST_W12 K2MST_mic_W03 K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 7 – Lec 12, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_W04</b>	K2MST_W04	C1, C2, C3	Lec 2 - Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U01</b> (skills)	K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U16, K2MST_mic_U01 K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 1	1
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U17 K2MST_mic_U02 K2MST_mso_U02	C1, C2, C3	Lec 1 - Lec 6, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U03 K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 7 – Lec 12, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_K01</b> (competences)	K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mic_K02 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna definicję problemu dobrze postawionego

PEK\_W02 zna klasyczne przykłady problemów odwrotnych

PEK\_W03 zna podstawowe metody regularyzacji

PEK\_W04 zna metody numeryczne do rozwiązywania problemów odwrotnych

Z zakresu umiejętności student:

PEK\_U01 rozumie definicję problemu dobrze postawionego

PEK\_U02 potrafi podać przykłady problemów odwrotnych

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać niezbędne informacje w literaturze

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W03, PEK_W04, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02	aktywność na laboratoriach, odpowiedzi ustne.
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_W04, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
WPROWADZENIE DO PROBLEMÓW ODWROTNYCH MAT001575  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W06 K2MST_W08, K2MST_mic_W01 K2MST_mso_W01	C1, C2, C3	Lec 1,	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W07 K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mso_W02	C1, C2, C3	Lec 1 - Lec 6, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W13 K2MST_W12 K2MST_mic_W03 K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 7 – Lec 12, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_W04</b>	K2MST_W04	C1, C2, C3	Lec 2 - Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U16, K2MST_mic_U01 K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 1	1
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U06, K2MST_U09 K2MST_U17 K2MST_mic_U02 K2MST_mso_U02	C1, C2, C3	Lec 1 - Lec 6, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mic_U03 K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 7 – Lec 12, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_mic_K01 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K03, K2MST_K04 K2MST_mic_K02 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 12, Lab 1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>Zagadnienia ze swobodnym brzegiem</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Free boundary problems</b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b>APPLIED MATHEMATICS</b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>Mathematics for Industry and Commerce</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / wybieralny / <del>ogólnouczelniany</del>*</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001576</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK /NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30	30			
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

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

Z zakresu umiejętności student:

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

PEK\_U02 potrafi badać zagadnienia ze swobodnym brzegiem

Z zakresu kompetencji społecznych student:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	prezentacja przydzielonego problemu
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01 PEK_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>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ZAGADNIENIA ZE SWOBODNYM BRZEGIEM MAT001576  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1-C2	Wy1-Wy11	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1-C2	Wy1-Wy11	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25	C1-C2	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U28 K2MST_U29 K2MST_U16	C1-C2	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1-C2	Wy1-Wy11, Ćw1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C2	Wy1-Wy11, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: Zagadnienia ze swobodnym brzegiem</b>					
<b>Name in English: Free boundary problems</b>					
<b>Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>Specialization (if applicable): Mathematics for Industry and Commerce</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: <del>obligatory</del>/ optional / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code XXX</b>					
<b>Group of courses YES / <del>NO</del>*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5	1,5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has basic knowledge and abilities in the area of ordinary and partial differential equations.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of mathematical models of phenomena in science and technology leading to free boundary problems.
- C2 Study of basic analytical methods in examining free boundary problems.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge: student

PEK\_W01 knows basic mathematical models connected with free boundary problems.

PEK\_W02 knows basic analytical methods in examining free boundary problems.

relating to skills: student

PEK\_U01 can build mathematical models leading to free boundary problems.

PEK\_U02 can examine free boundary problems.

relating to social competences: student

PEK\_K01 is able to take benefits form scientific literature  
 PEK\_K02 knows limitations of his knowledge and understands the need of further education.

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Remaining basic theory of elliptic and parabolic partial differential equations.	2
Lec 2	Stefan problem, notion of the free boundary. Inverse Stefan problem.	2
Lec 3	Free boundary problems in melting and freezing. Modeling of problems connected with phase transition.	4
Lec 4	Modeling of flows in porous media: Boussinesq equation, porous media equation.	2
Lec 5	Self-similar solutions of porous media equation.	2
Lec 6	Free boundary in solutions of porous media equation, finite speed of propagation of disturbances. Retention and penetration property. Large time behavior of solutions.	2
Lec 7	Free boundary in reaction–diffusion–convection equations.	4
Lec 8	Diffusion in solids. Free boundary problems.	2
Lec 9	Modeling of flows in deformable media, spreading of impurities.	4
Lec 10	Free boundary problems in digital image processing.	2
Lec 11	Free boundary problems in financial mathematics.	2
Lec 12	Stationary free boundary problems: dam problem, obstacle problems in calculus of variations.	2
	Total hours	30
Form of classes - class		Number of hours
Cl 1	Solving of problems illustrating theory given on lectures.	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method.  
 N2. Classes – traditional method.

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end)	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement

F1	PEK_W1, PEK_K1	Final test
F2	PEK_U1, PEK_U2, PEK_K1	Oral presentations, tests.
P= 0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
[1]	R. M. Mattheij, S. W. Rienstra, J.H.M. ten Thije Boonkkamp, Partial Differential Equations, Modeling, Analysis, Computation, SIAM, Philadelphia 2005	
[2]	J. Ockendon, S. Howison, A. Lacey & A. Movchan, Applied Partial Differential Equations, Oxford University Press, Oxford 1999.	
[3]	A. Fasano, Parabolic Free Boundary Problems in Industrial and Biological Applications, SIMAI e-Lecture Notes, Volume 9, 2011	
<b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b>		
[1]	V. Alexiades, A.D. Solomon, Mathematical Modeling of Melting and Freezing Processes, Hemisphere – Taylor & Francis, Washington, DC, USA, 1983	
[2]	J.L. Vazquez, The Porous Media Equation, Mathematical Theory, Clarendon Press, Oxford 2007	
[3]	A.Friedman, Variational Principles and Free Boundary Problems, John Wiley and Sons, Inc	
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<b>Dr hab. Jan Goncerzewicz (<a href="mailto:Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl">Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl</a>)</b>		

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**FREE BOUNDARY PROBLEMS MAT001576**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
**APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION**  
**MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b> (knowledge)	K2MST_W03 K2MST_mic_W01	C1, C2	Lec 1 - Lec 12	F1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W10 K2MST_mic_W02 K2MST_mic_W03	C1, C2	Lec 1 - Lec 12	F1
<b>PEK_U01</b> (skills)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25	C1, C2	C1 1	F2
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U28 K2MST_U29 K2MST_U16	C1, C2	C1 1	F2
<b>PEK_K01</b> (competences)	K2MST_K06 K2MST_mic_K01	C1, C2,	Lec 1 - Lec 12, C1 1	F2
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_mic_K02	C1-C2	Wy1-Wy11, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim: DYFUZJA NA SIECIACH ZŁOŻONYCH</b>	
<b>Nazwa w języku angielskim: DIFFUSION PROCESSES ON COMPLEX NETWORKS</b>	
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS</b>	
<b>Specjalność (jeśli dotyczy): COMPUTATIONAL MATHEMATICS</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</b>	<b>MAT001577</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	3		3		
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W04 ma pogłębioną wiedzę w wybranej dziedzinie matematyki teoretycznej lub stosowanej

PEK\_W09 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W04 PEK_W09	kolokwia
F2	PEK_U18	prezentacje wyników z poszczególnych list

	PEK_K02 PEK_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>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
DYFUZJA NA SIECIACH ZŁOŻONYCH MAT001577  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU MATEMATYKA  
I SPECJALNOŚCI MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W04</b> <b>PEK_W09</b> (wiedza)	K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03 K2MST_W04, K2MST_W09	C1	Wy1-Wy6	1, 3
<b>PEK_U18</b> (umiejętności)	K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b> <b>PEK_K06</b> (kompetencje)	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Wy1-Wy6, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish** DYFUZJA NA SIECIACH ZŁOŻONYCH

**Name in English** DIFFUSION PROCESSES ON COMPLEX NETWORKS

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** COMPUTATIONAL MATHEMATICS

**Level and form of studies:** ~~1st~~/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*

**Kind of subject:** ~~obligatory~~/ optional /~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001577

**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course					
Number of ECTS points	3		3		
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has basic programming skills.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Mastering knowledge of computer simulation of diffusion processes on complex networks.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W04 has in-depth knowledge in a subfield of theoretical or applied mathematics

PEK\_W09 knows basic stochastic modelling methods in financial and actuarial mathematics or in science

relating to skills:

PEK\_U18 can use stochastic processes as a tool for modelling complex phenomena and analysis of their evolution

relating to social competences:

K2MIC\_K06 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in

foreign languages

K2MIC\_K02 can accurately formulate questions for deeper understanding of a given topic

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Introduction to complex networks	10
Lec 2	Diffusion and random walks	2
Lec 3	Epidemic spreading in population networks	6
Lec 4	Rumor and information spreading	2
Lec 5	Opinion formation processes	4
Lec 6	Diffusion of innovation	6
Total hours		<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
La 1	Solving problems illustrating the content presented in the lectures	30
Total hours		<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method and presentations
- N2. Problem and computing laboratory – using computer based methods
- N3. Consultations
- N4. Student’s self work – preparation for the laboratory

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W04 PEK_W09	Mid-term exams
F2	PEK_U18 PEK_K02 PEK_K06	Oral presentations

C  $P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

**PRIMARY LITERATURE:**

- [1] Alain Barrat, Marc Barthelemy, Alessandro Vespignani, “Dynamical Processes on Complex Networks”
- [2] Romualdo Pastor-Satorras, Claudio Castellano, Piet Van Mieghem, Alessandro Vespignani, “Epidemic processes in complex networks”, Reviews of Modern Physics 87 (2015) 925-979

**SECONDARY LITERATURE:**

- [1] David Easley, Jon Kleinberg, „Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World”

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

--

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
DIFFUSION PROCESSES ON COMPLEX NETWORKS MAT001577  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W04 PEK_W09 (knowledge)</b>	K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03 K2MST_W04, K2MST_W09	C1	Lec1-Lec6	1,3
<b>PEK_U18 (skills)</b>	K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	La1	2,3,4
<b>PEK_K02 PEK_K06 (competences)</b>	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Lec1-Lec6, La1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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): COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2			2	
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W12 PEK_U12	zaliczenie wykładu - kolokwia

F2	PEK_U12 PEK_K06 PEK_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>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ANALIZA NIEUPORZĄDKOWANYCH ZBIORÓW DANYCH MAT001578  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W12</b> (wiedza)	K2MST_W12 K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Wy1-Wy8	1, 3
<b>PEK_U12</b> (umiejętności)	K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	Pr1	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b> <b>PEK_K06</b> (kompetencje)	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Wy1-Wy8, Pr1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish ANALIZA NIEUPORZĄDKOWANYCH ZBIORÓW DANYCH</b>					
<b>Name in English ANALYSIS OF UNSTRUCTURED DATA</b>					
<b>Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>Specialization (if applicable): COMPUTATIONAL MATHEMATICS</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b>					
<b>Kind of subject: <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del>*</b>					
<b>Subject code MAT001578</b>					
<b>Group of courses YES / NO*</b>					

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30			30	
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5			3	
including number of ECTS points for practical (P) classes	2			2	
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5			1,5	

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has basic programming skills.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Searching, extracting, storing and computer-aided analysis of unstructured data (texts, blogs, web sites, social media posts etc.)

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W12 knows how to use Python and its scientific modules for data analysis

relating to skills:

PEK\_U12 can perform an analysis of unstructured data by making use of Python and its modules

relating to social competences:

PEK\_K06 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

PEK\_K02 can accurately formulate questions for deeper understanding of a given topic

--	--	--

**PROGRAMME CONTENT**

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Data analysis in Python – PANDAS primer	8
Lec 2	Retrieving and storing data	6
Lec 3	Data visualisation	2
Lec 4	Data wrangling	2
Lec 5	Natural language processing with NLTK	4
Lec 6	Sentiment analysis	2
Lec 7	Document classification	4
Lec 8	Handling big data	2
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

<b>Form of classes - project</b>		<b>Number of hours</b>
Pr1	Practical Preparation and presentations of projects illustrating methods given in the lectures.	30
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

**TEACHING TOOLS USED**

- N1. Lecture – traditional method and presentations
- N2. Student partial project presentation and final presentation
- N3. Consultations
- N4. Student’s self work – work related to the project development

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W12 PEK_U12	mid-term exams
F2	PEK_U12 PEK_K06 PEK_K02	Oral presentations

C  $P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$

<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b> [1] S. Bird, E. Klein i E. Loper, „Natural Language Processing with Python” [2] I. H. Witten & E. Frank, „Data Mining. Practical Machine Learning Tools and Techniques” [3] W. McKinney, „Python for Data Analysis” <b><u>SECONDARY LITERATURE:</u></b> [1] P. Giudici, „Applied Data Mining” [2] T. Segaran, „Programming Collective Intelligence” [3] I. Idris, „Python Data Analysis”
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
ANALYSIS OF UNSTRUCTURED DATA MAT001578  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W12</b>	K2MST_W12 K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Lec1-Lec8	1,3
<b>PEK_U12 (skills)</b>	K2MST_U21, K2MST_U20 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	Pr1	2,3,4
<b>PEK_K02 PEK_K06 (competences)</b>	K2MST_K02, K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Lec1-Le8, Pr1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>PAKIETY STATYSTYCZNE</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Statistical Packages</b>
<b>Kierunek studiów (jeśli dotyczy):</b>	<b>APPLIED MATHEMATICS</b>
<b>Specjalność (jeśli dotyczy):</b>	<b>COMPUTATIONAL MATHEMATICS</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001579</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK / NIE*</b>

	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Liczba godzin zajęć zorganizowanych w Uczelni (ZZU)	30		30		
Liczba godzin całkowitego nakładu pracy studenta (CNPS)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna język angielski stosowany w analizie statystycznej

PEK\_W03 zna metody wykorzystania pakietów statystycznych do analizy danych

Z zakresu umiejętności student:

PEK\_U01 potrafi wykorzystać pakiet statystyczny do analizy danych

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_U01 PEK_K01 PEK_K02	sprawozdania z laboratoriów
F2	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01 PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
 PAKIETY STATYSTYCZNE MAT001579  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
 I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W02 K2MST_W04 K2MST_W08 K2MST_W16 2MST_cm_W01	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W13 K2MST_cm_W02	C4	Wy1-Wy15, La1-La8	1-4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_W18 K2MST_cm_W03	C2	Wy1-Wy15, La1-La8	1-4
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U11 K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U21 K2MST_cm_U01	C2	Wy1-Wy15, La1-La8	1-4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C3, C4	La1-La8	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K02 K2MST_cm_K01	C1, C2	Wy1-Wy15, La1-La8	1-4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K05 K2MST_cm_K02	C3, C4	La1-La8	2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish: PAKIETY STATYSTYCZNE**

**Name in English: Statistical Packages**

**Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS**

**Specialization (if applicable): COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

**Level and form of studies: 1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\***

**Kind of subject: obligatory- / optional / university-wide\***

**Subject code MAT001579**

**Group of courses YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the probability theory
2. Student knows basic concepts of the mathematical statistics

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of basic methods of data analysis.
- C2 Acquisition of the ability to analyze data using statistical packages.
- C3 Acquisition of the ability to write reports on statistical analyzes.
- C4 Acquisition of skills in the English language sufficiently to enable the execution of statistical analyzes and write reports on these analyzes.

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 has statistical knowledge of the relationship between the variables in the databases

PEK\_W02 knows English in the statistical analysis

PEK\_W03 knows methods of using statistical packages for data analysis

relating to skills:

PEK\_U01 can use a statistical package for data analysis

PEK\_U02 can write a report on the statistical analysis in English

relating to social competences:

PEK\_K01 can translate questions about the real phenomenon on the precise mathematical language

PEK\_K02 can present the results of statistical analysis in a manner understandable to non-mathematicians

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Descriptive statistics. Graphical representation of data.	2
Lec 2	Comparison of two populations - Student test, nonparametric tests.	2
Lec 3	Estimation of proportion. Chi-square goodness of fit test.	2
Lec 4	Cross tabulation. Chi-squared test of independence.	2
Lec 5	Simple linear regression - model, estimation, testing.	2
Lec 6	Simple linear regression - prediction, checking assumptions, transformations.	2
Lec 7	Test.	2
Lec 8	Multiple linear regression - estimation, testing, checking assumptions.	2
Lec 9	Multiple linear regression - analysis of variance, coefficient of determination.	2
Lec 10	Multiple linear regression - the sum of the squares, generalized linear tests.	2
Lec 11	Multiple linear regression - correlated predictors, the model selection criteria.	2
Lec 12	Univariate analysis of variance - model, estimation of parameters, testing.	2
Lec 13	Multivariate analysis of variance.	2
Lec 14	Mixed models and generalized linear model.	2
Lec 15	Test.	2
	Total hours	<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Getting familiar with selected statistical package.	2
Lab 2	Descriptive statistics and graphical representation of data.	4

Lab 3	The problem of two samples - Student tests, nonparametric tests, testing normality, graphical representation of data	4
Lab 4	Tests and confidence intervals for the ratio - the proportion of a single ratio, chi-square goodness of fit test, chi-squared test of independence, graphical representation of data	4
Lab 5	Simple linear regression - estimation, prediction, power, graphical representation of data and results	4
Lab 6	Simple linear regression - diagnostics, transformations of variables	4
Lab 7	Multiple linear regression - estimation, prediction, testing, diagnosis, selection of relevant variables.	4
Lab 8	Analysis of variance - estimation, testing, comparison between groups, diagnostics	4
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture-computer presentation and traditional method.  
 N2. Computer laboratory - an independent analysis of the data, analysis reports.  
 N3. Consultations.  
 N4. Student's self work – preparation for the laboratory.

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_U01 PEK_K01 PEK_K02	written reports
F2	PEK_W01 PEK_U01 PEK_K01 PEK_K02	two tests
P=0,5 F1+0,5 F2		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SECONDARY LITERATURE:**

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

#### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
STATISTICAL PACKAGES MAT001579  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W02 K2MST_W04 K2MST_W08 K2MST_W16 2MST_cm_W01	C1	Lec 1- Lec 15	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W13 K2MST_cm_W02	C4	Lec 1- Lec 15, Lab 1-Lab 8	1-4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_W18 K2MST_cm_W03	C2	Lec 1- Lec 15, Lab 1-Lab 8	1-4
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U11 K2MST_U15 K2MST_U20 K2MST_U21 K2MST_cm_U01	C2	Lec 1- Lec 15, Lab 1-Lab 8	1-4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C3, C4	Lab 1-Lab 8	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K02 K2MST_cm_K01	C1, C2	Lec 1- Lec 15, Lab 1-Lab 8	1-4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K05 K2MST_cm_K02	C3, C4	Lab 1-Lab 8	2, 3, 4

\*\* - from table above

**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): COMPUTATIONAL MATHEMATICS,  
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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

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

Z zakresu umiejętności student:

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 szeregowy	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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	test
F2	PEK_U01 PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
SYMULACJE KOMPUTEROWE PROCESÓW STOCHASTYCZNYCH MAT001580  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU MAT001580  
I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS,  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04 K2MST_W05 K2MST_cm_W01 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1	Wy1-Wy5	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Wy1-Wy5	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U13 K2MST_U17 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U30 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1	La1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K03 K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1	Wy1-Wy5, La1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish: SYMULACJE KOMPUTEROWE PROCESÓW  
STOCHASTYCZNYCH**

**Name in English: Computer simulations of stochastic processes**

**Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS**

**Specialization (if applicable): COMPUTATIONAL MATHEMATICS,  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Level and form of studies: ~~1st~~ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\***

**Kind of subject: ~~obligatory~~ / optional / ~~university-wide~~\***

**Subject code MAT001580**

**Group of courses YES / ~~NO~~\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	<del>Examination</del> / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic concepts of the theory of stochastic processes.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Mastering knowledge of computer simulations of stochastic processes with long memory property and heavy tails.

\*delete as applicable

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 has in-depth knowledge of computer simulations of stochastic processes with long memory property and heavy tails.

PEK\_W02 knows the basics of stochastic modeling in financial and actuarial mathematics or the natural sciences, especially physics, chemistry or biology

relating to skills:

PEK\_U01 can construct algorithms with good numerical properties, used to solve common and unusual mathematical problems

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Generation of stable distributions and vectors	6
Lec 2	Simulation of stable processes by integral and series representations	6
Lec 3	Self-similar and stationary processes	6
Lec 4	Generating processes with long memory	6
Lec 5	Stable models with long memory in physics and economics	6
	Total hours	<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Solving problems illustrating methods given in the lecture.	30
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture-computer presentation and traditional method.

N2. Computer Laboratory with Matlab

N3. Consultations.

N4. Student's self work – preparation for the laboratory.

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	test

F2	PEK_U01 PEK_K01	written reports
P=0.5*F1+0.5*F2		

## **PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**

### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

### **SECONDARY LITERATURE:**

- [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.

### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
COMPUTER SIMULATIONS OF STOCHASTIC PROCESSES  
MAT001580  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS AND SPECIALIZATION COMPUTATIONAL  
MATHEMATICS, MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04 K2MST_W05 K2MST_cm_W01 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1	Lec 1-Lec 5	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Lec 1-Lec 5	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U13 K2MST_U17 K2MST_U23 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U30 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1	Lab 1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K03 K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1	Lec 1-Lec 5, Lab 1	1, 2, 3, 4

\*\* - from table above

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

**Nazwa w języku polskim: TEORIA ESTYMACJI**

**Nazwa w języku angielskim: Estimation theory**

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

**Specjalność (jeśli dotyczy): COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

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

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

**Kod przedmiotu: MAT001581**

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5		1,5		

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

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

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie statystycznych kryteriów oceny jakości estymacji statystycznej.
- C2 Poznanie podstawowych metod estymacji parametrycznej i ich własności.
- C3 Poznanie podstawowych metod estymacji nieparametrycznej i ich własności.
- C4 Umiejętność zaprogramowania zaawansowanych metod statystycznych.
- C5 Umiejętność przeprowadzenia badań symulacyjnych.
- C6 Umiejętność oceny własności metod statystycznych w oparciu o badania symulacyjne.
- C7 Opanowanie słownictwa angielskiego w zakresie metod estymacji.
- C8 Umiejętności napisania raportu w języku angielskim.



\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna podstawowe metody estymacji parametrycznej.

PEK\_W02 zna podstawowe metody estymacji nieparametrycznej.

PEK\_W03 zna podstawowe kryteria oceny jakości estymacji.

PEK\_W04 zna teoretyczne podstawy symulacji statystycznych.

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

PEK\_W06 zna języki programowania umożliwiające przeprowadzenie badań symulacyjnych.

Z zakresu umiejętności student:

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

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

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

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

PEK\_K02 rozumie potrzebę systematycznej pracy w celu pogłębiania wiedzy

### TREŚCI PROGRAMOWE

Forma zajęć - wykłady		Liczba godzin
Wy1	Podstawowe pojęcia teorii estymacji: obciążenie, wariancja, błąd średniokwadratowy, macierz informacji Fischera, efektywność, asymptotyczna normalność	2
Wy2	Podstawy teoretyczne metod symulacyjnych i replikacyjnych	2
Wy3	Estymacja obciążenia i wariancji – bootstrap, jackknife, metoda delta	2
Wy4	Konstrukcja przedziałów ufności – przedziały klasyczne i bootstrapowe	2
Wy5	Nieparametryczna estymacja gęstości – histogram i jego własności	2
Wy6	Nieparametryczna estymacja gęstości – estymator jądrowy i jego własności	2
Wy7	Wybór szerokości pasma w estymatorze jądrowym	2
Wy8	Modyfikacje estymatora jądrowego – zmienna szerokość pasma, jądra wyższego rzędu	2
Wy9	Estymacja gęstości przez rozwinięcia ortogonalne	2
Wy10	Estymacja gęstości – lokalna funkcja wiarygodności i metoda największej wiarygodności z wygładzaniem	2
Wy11	Nieparametryczna estymacja funkcji regresji – estymacja jądrowa	2
Wy12	Wybór szerokości pasma i modyfikacje jądrowego estymatora funkcji regresji.	2

Wy13	Estymacja funkcji hazardu – metody parametryczne i nieparametryczne.	2
Wy14	Empiryczne metody Bayesowskie – estymator Steina	2
Wy15	Kolokwium	2
	Suma godzin	<b>30</b>

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

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

## OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

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	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
TEORIA ESTYMACJI MAT001581  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04 K2MST_cm_W01	C2	Wy1-Wy4, Wy13, Wy14 La1-La3, La6, La7	1-4
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W15 K2MST_cm_W02	C3	Wy5-Wy14, La4-La7	1-4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W16 K2MST_cm_W03	C1	Wy1-Wy14, La1-La7	1-4
<b>PEK_W04</b>	K2MST_W18	C5,C6	Wy2-Wy14, La1-La7	1-4
<b>PEK_W05</b>	K2MST_W13	C7, C8	Wy1-Wy14, La1-La7	1-4
<b>PEK_W06</b>	K2MST_W12	C4, C5, C6	Wy2-Wy14, La1-La7	1-4
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U11, K2MST_U24 K2MST_cm_U01	C1-C4	Wy1-Wy14, La1-La7	1-4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U12 K2MST_U02, K2MST_cm_U02	C4-C6	La1-La7	2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U20, K2MST_U25 K2MST_cm_U03	C5-C6	Wy2, La1-La7	1-4
<b>PEK_U04</b>	K2MST_U21	C7-C8	La1-La7	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_cm_K01	C4-C8	La1-La7	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_cm_K02	C1-C8	Wy1-Wy14, La1-La7	1-4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF FUNDAMENTAL PROBLEMS OF TECHNOLOGY SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish</b> Teoria estymacji					
<b>Name in English:</b> Estimation theory					
<b>Main field of study (if applicable):</b> APPLIED MATHEMATICS					
<b>Specialization (if applicable):</b> COMPUTATIONAL MATHEMATICS					
<b>Level and form of studies:</b> <del>1st</del> / 2nd* level, full-time / <del>part-time</del> *					
<b>Kind of subject:</b> <del>obligatory</del> -/ optional / <del>university-wide</del> *					
<b>Subject code</b> MAT001581					
<b>Group of courses</b> YES / <del>NO</del> *					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows how to use statistical packages
2. Student has a basic knowledge of mathematical statistics.
3. Student has a basic knowledge of mathematical analysis and functional analysis
4. Student has basic programming skills.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Learning of statistical criteria for assessing the quality of statistical estimation
- C2 Learning basic parametric estimation methods and their properties.
- C3 Learning basic non-parametric estimation methods and their properties.
- C4 Ability to program advanced statistical methods.
- C5 Ability to carry out simulation studies.
- C6 Ability to evaluate properties of statistical methods based on simulation studies.
- C7 Mastering of English vocabulary in the field of estimation methods .
- C8 Report writing skills in English.

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

- PEK\_W01 knows the basic parametric estimation methods.
- PEK\_W02 knows the basic non-parametric estimation methods.
- PEK\_W03 knows the basic criteria for assessing the quality of the estimation.
- PEK\_W04 knows the theoretical basis of statistical simulation.
- PEK\_W05 knows English in the extent necessary for the creation of simulation reports.
- PEK\_W06 knows Programming Languages enable to carry out the simulation study.

relating to skills:

- PEK\_U01 able to apply advanced statistical methods to analyze real data.
- PEK\_U02 can use programming languages to program the high-order complex statistical methods and simulation tests and to carry out simulation studies.
- PEK\_U03 able to assess the properties of statistical methods based on simulation studies.
- PEK\_U04 can develop a report in English summarizing the results of simulation studies.

relating to social competences:

- PEK\_K01 can benefit from the scientific literature in English, including reaching the source materials and review them.
- PEK\_K02 understands the need for systematic work to improve knowledge

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Basic concepts of estimation theory: bias, variance, mean square error matrix of Fisher information, efficiency, asymptotic normality	2
Lec 2	Theoretical basis of simulation methods and replication	2
Lec 3	Bias and variance estimation - bootstrap, Jackknife, the delta method	2
Lec 4	Construction of confidence intervals - classic and bootstrap intervals	2
Lec 5	Nonparametric density estimation - histogram and its properties	2
Lec 6	Nonparametric density estimation - kernel estimator and its properties	2
Lec 7	Selection of bandwidth in the kernel estimator	2
Lec 8	Modifications of kernel estimator - variable bandwidth, higher-order kernels	2
Lec 9	Estimation of density through orthogonal expansions	2
Lec 10	Estimation of density - local likelihood function and maximum likelihood method with smoothing	2
Lec 11	Nonparametric regression function estimation - estimation of kernel	2

Lec 12	Selection of the bandwidth and modification of the kernel estimator of regression function.	2
Lec 13	Hazard function estimation - parametric and non-parametric methods.	2
Lec 14	Empirical Bayesian methods - Stein estimator	2
Lec 15	Test	2
	Total hours	30

<b>Form of classes – laboratory</b>		<b>Number of hours</b>
Lab 1	Parametric estimation - method of maximum likelihood. Bias, variance, mean square error - estimation using computer simulations.	4
Lab 2	Estimation of bias, variance and construction of confidence intervals using the method of substitution and replication methods (bootstrap, jackknife). Estimating the quality of estimators based on simulation studies.	4
Lab 3	Estimating the several parameters - asymptotic covariance matrix, the covariance matrix estimation using the method of substitution and replication methods. Estimating the quality of estimators based on simulation studies.	4
Lab 4	Nonparametric estimation of density - the histogram, method of the nearest neighbor, kernel estimator, orthogonal expansions. Smoothing parameter selection. Quality rating based on simulation studies.	6
Lab 5	Nonparametric estimation of the regression function. Estimators: kernel, local polynomial, the nearest neighbor, the smooth spline functions. Construction of confidence intervals and bands using the bootstrap method. Smoothing parameter selection. Quality rating based on simulation studies.	6
Lab 6	Estimation of survival function and hazard function with parametric and nonparametric methods. Construction of confidence intervals through approximation with the normal distribution and the bootstrap method. Quality rating based on simulation studies.	4
Lab 7	Empirical Bayesian methods. Quality assessment using simulation studies.	4
	Total hours	30

### **TEACHING TOOLS USED**

- N1. Lecture problem - computer presentation and traditional method
- N2. Laboratory - self development of programs for simulation, reports from analyses
- N3. Consultations
- N4. Student's self work – preparation for the laboratory

### **EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	All subject effects of the course	Reports and activity during the laboratory.
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_W05	Test
$P=0,75 \cdot F1 + 0,25 \cdot F2$		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		
<b><u>PRIMARY LITERATURE:</u></b>		
[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		
<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>		
<b>Dr hab. Małgorzata Bogdan (Malgorzata.Bogdan@pwr.edu.pl)</b>		



MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**ESTIMATION THEORY MAT001581**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY **APPLIED  
MATHEMATICS**  
AND SPECIALIZATION **COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W04 K2MST_cm_W01	C2	Lec 1-Lec 4, Lec 13, Lec 14 Lab 1-Lab 3, Lab 6, Lab 7	1-4
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W15 K2MST_cm_W02	C3	Lec 5-Lec 4, Lab 4-Lab 7	1-4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W16 K2MST_cm_W03	C1	Lec 1-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_W04</b>	K2MST_W18	C5,C6	Lec 2-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_W05</b>	K2MST_W13	C7, C8	Lec 1-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_W06</b>	K2MST_W12	C4, C5, C6	Lec 2-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U11, K2MST_U24 K2MST_cm_U01	C1-C4	Lec 1-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U12 K2MST_U02, K2MST_cm_U02	C4-C6	Lab 1-Lab 7	2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U20, K2MST_U25 K2MST_cm_U03	C5-C6	Lec 2, Lab 1-Lab 7	1-4
<b>PEK_U04</b>	K2MST_U21	C7-C8	Lab 1-Lab 7	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_cm_K01	C4-C8	Lab 1-Lab 7	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K01 K2MST_cm_K02	C1-C8	Lec 1-Lec 14, Lab 1-Lab 7	1-4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Matematyczne przetwarzanie obrazów  
**Name in English:** Mathematical Image Processing  
**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS  
**Specialization (if applicable):** MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION  
**Level and form of studies:** ~~1st~~ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*  
**Kind of subject:** ~~obligatory~~-/ optional / ~~university-wide~~\*  
**Subject code** MAT001582  
**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Knows basic concepts of theory of partial differential equations
2. Knows MATLAB package for mathematical computing

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of mathematical models in image processing.  
 C2 Study of numerical methods for solving problems in image processing.  
 C3 Application of acquired knowledge to construction and analysis of mathematical models in image processing

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows basic models for image restoration

PEK\_W02 knows basic variational models for image segmentation

PEK\_W03 knows numerical methods for solving problems in image processing

relating to skills:

PEK\_U01 be able to demonstrate the difference between known models of image restoration

PEK\_U02 be able to demonstrate the difference between known models of image segmentation

PEK\_U03 be able to apply numerical methods to solve mathematical problems in image processing

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature.

PEK\_K02 understands the need for systematic work on course material

### PROGRAMME CONTENT

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Overview of fundamental problems in image processing. Representation of images. Models of image degradation.	2
Lec 2	Linear diffusion filter. Gaussian smoothing in the frequency domain.	2
Lec 3	Nonlinear diffusion filters. Isotropic and anisotropic diffusion models.	4
Lec 4	Discretization of the nonlinear diffusion filter.	2
Lec 5	Introduction to variational models for image restoration.	2
Lec 6	Image denoising by total variation regularization.	2
Lec 7	First order numerical schemes for total variation minimization.	4
Lec 8	Image deblurring model.	2
Lec 9	Total variation model for image inpainting.	2
Lec 10	The Mumford-Shah model for image segmentation and its approximations.	4
Lec 11	Active contours model for image segmentation.	4
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

<b>Form of classes - laboratory</b>		<b>Number of hours</b>
Lab 1	Basic operation on images. Degradation of images. Gaussian smoothing.	4
Lab 2	Solving selected problems illustrating theory given in the lectures using mathematical MATLAB package for numerical computing	26
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method supported by multimedial presentation  
 N2. Computer laboratory – working on a computer using MATLAB package for numerical computations  
 N3. Consultations  
 N4. Student’s self work – work on the project

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	activity in the laboratory
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	oral presentation, report
$P=0.2 \cdot F1 + 0.8 \cdot F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SECONDARY LITERATURE:**

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

#### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**MATHEMATICAL IMAGE PROCESSING MAPXXXX**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
**MATHEMATICS**  
AND SPECIALIZATION **MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND  
COMMERCE**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b> (knowledge)	K2MST_W04, K2MST_mso_W01	C1, C2, C3	Lec 1, Lec 2, Lec 3, Lec 5, Lec 6, Lec 8, Lec 9 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W06, K2MST_mso_W02	C1, C2, C3	Lec 10, Lec 11 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W07 K2MST_W13 K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 4, Lec 7 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U01</b> (skills)	K2MST_U04 K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 1, Lec 2, Lec 3, Lec 5, Lec 6, Lec 8, Lec 9 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U09 K2MST_U16 K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 10, Lec 11 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 4, Lec 7 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (competences)	K2MST_K05 K2MST_K06 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 11, Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K03 K2MST_K04 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 11, Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna podstawowe modele odrestaurowania obrazów

PEK\_W02 zna podstawowe modele wariacyjne segmentacji obrazów

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

Z zakresu umiejętności student:

PEK\_U01 potrafi przedstawić różnicę pomiędzy znanymi modelami odrestaurowania obrazów

PEK\_U02 potrafi przedstawić różnicę pomiędzy znanymi modelami segmentacji obrazów

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_K01 potrafi samodzielnie wyszukiwać niezbędne informacje w literaturze

PEK\_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 wyostrażania 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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	aktywność na laboratoriach
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	oral presentation, report
P=0.2*F1+0.8*F2		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

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

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

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

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

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



**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
MATEMATYCZNE PRZETWARZANIE OBRAZÓW MAT001582  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W04, K2MST_mso_W01	C1, C2, C3	Lec 1, Lec 2, Lec 3, Lec 5, Lec 6, Lec 8, Lec 9 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W06, K2MST_mso_W02	C1, C2, C3	Lec 10, Lec 11 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W07 K2MST_W13 K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 4, Lec 7 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U04 K2MST_U05, K2MST_U06, K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 1, Lec 2, Lec 3, Lec 5, Lec 6, Lec 8, Lec 9 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U09 K2MST_U16 K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Lec 10, Lec 11 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U17 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 4, Lec 7 Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K05 K2MST_K06 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 11, Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K03 K2MST_K04 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 11, Lab 1, Lab 2	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS****KARTA PRZEDMIOTU****Nazwa w języku polskim: TEORIA KOLEJEK I SIECI KOMUNIKACYJNE****Nazwa w języku angielskim: Queues and Communication Networks****Kierunek studiów (jeśli dotyczy): APPLIED MATHEMATICS****Specjalność (jeśli dotyczy): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION****Stopień studiów i forma: II stopień\*, stacjonarna / niestacjonarna\*****Rodzaj przedmiotu: obowiązkowy- / wybieralny / ogólnouczelniany\*****Kod przedmiotu: MAT001583****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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	1,5	1,5			

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

1. Student posiada elementarną wiedzę z Rachunku Prawdopodobieństwa

**CELE PRZEDMIOTU**

- C1 Poznanie podstaw teorii kolejek i zaznajomienie z podstawowymi pojęciami potrzebnymi do analizy sieci komunikacyjnych

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

PEK\_W01 zna najważniejsze fakty z teorii kolejek

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego sieci komunikacyjnych i zna możliwe zastosowania teorii kolejek w naukach biologicznych, fizycznych, ekonomicznych itp.

Z zakresu umiejętności student:

PEK\_U01 potrafi konstruować i analizować modele kolejkowe opisujące różnorodne zastosowania

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	egzamin
F2	PEK_U01 PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**QUEUES AND COMMUNICATION NETWORKS MAT001583**  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU **APPLIED MATHEMATICS**  
I SPECJALNOŚCI **MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION****

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03 K2MST_mso_W01	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1	Wy1-Wy10	1, 3
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1	Ćw1	2, 3, 4
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1	Wy1-Wy10, Ćw1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: TEORIA KOLEJEK I SIECI KOMUNIKACYJNE</b>					
<b>Name in English: Queues and Communication Networks</b>					
<b>Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>Specialization (if applicable): MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION</b>					
<b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time /part-time*</b>					
<b>Kind of subject: obligatory / optional / university-wide*</b>					
<b>Subject code MAT001583</b>					
<b>Group of courses YES /NO*</b>					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*	Examination / <del>crediting with</del> grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5	1,5			

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has an elementary knowledge of probability theory.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Learning and mastery of key concepts and methods in the field of queuing theory and communication networks

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the most important theorems and hypotheses of queuing theory

PEK\_W02 knows the basics of stochastic modeling of stochastic networks with applications to biology, physics, economics etc.

relating to skills:

PEK\_U01 can construct queuing models used in various applications

relating to social competences:

PEK\_K01 can by himself/herself search for information in the literature, even in foreign languages

<b>PROGRAMME CONTENT</b>		
<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Basic concepts from Markov processes theory	2
Lec 2	An outline of the theory of point processes	2
Lec 3	Steady state analysis of Markovian queues	4
Lec 4	Erlang Loss System	2
Lec 5	Open Jackson network and Gordon-Newel network	6
Lec 6	Multi-class Queue	4
Lec 7	Multiserver queus and various queue disciplines	4
Lec 8	Queues with feedback and loss systems	4
Lec 9	Transient analysis of Markovian queues	2
	Total hours	30
<b>Form of classes - class</b>		<b>Number of hours</b>
Cl 1	Illustration of all models.. Analytical and computer methods. Examples of queuing models.	30
	Total hours	30
<b>TEACHING TOOLS USED</b>		
<p>N1. Lecture problem - traditional method.  N2. Problem and counting exercises.  N3. Consultations.  N4. Student's self work - preparation for exercises.</p>		
<b>EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT</b>		
<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_K01	exam
F2	PEK_U01 PEK_K01	oral responses, tests, small tests
P=0.5*F1+0.5*F2		
<b>PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE</b>		

**PRIMARY LITERATURE:**

[1] Asmussen, S. (2003) Applied Probability and Queues, Springer.

**SECONDARY LITERATURE:**

[2] Cohen, J.W. (1969) The Single Server Queue North, Holland.

[3] Takacs, L. (1962) Introduction to the Theory of Queues Oxford University Press.

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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



**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT QUEUES AND COMMUNICATION NETWORKS  
MAT001583 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD  
OF STUDY APPLIED APPLIED MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION MODELLING, SIMULATION,  
OPTIMIZATION**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_mso_W01	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1	Lec 1-Lec 10	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1	CI 1	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1	Lec 1-Lec 10, CI 1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<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)	150				
Forma zaliczenia	zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1	3			
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	3				

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

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

**CELE PRZEDMIOTU**

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

\*niepotrzebne skreślić

### PRZEDMIOTOWE EFEKTY KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

PEK\_W01 Zna podstawowy programowania dynamicznego.

PEK\_W02. Zna podstawy teorii gier stochastycznych.

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

Z zakresu umiejętności:

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

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej.

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02	Odpowiedzi ustne, quizy
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_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>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
ZAAWANSOWANE ZAGADNIENIA Z TEORII GIER DYNAMICZNYCH  
MAT001584  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K2MST_W01, K2MST_mso_W01	C1, C2, C3, C6	Wy1, Wy2, Wy3, Wy4, Wy5, Wy6	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W02, K2MST_mso_W02	C4, C6	Wy7, Wy8, Wy9, Wy10	1, 3
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_W13, K2MST_W17 K2MST_mso_W03	C5, C6	Wy11	1, 3
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U07, K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Ćw1, Ćw2	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_mso_U02	C4	Ćw3	2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_mso_U03	C6	Ćw2, Ćw3	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K2MST_K01, K2MST_mso_K01	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw3	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_mso_K02	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw3	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K03</b>	K2MST_K07	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw3	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

Name in Polish: **Zaawansowane zagadnienia z teorii gier dynamicznych**

Name in English: **Advanced Topics in Dynamic Games**

Main field of study (if applicable): **Applied Mathematics**

Specialization (if applicable): **Modelling, Simulation, Optimization**

Level and form of studies: ~~1st~~ **2nd\*** level, full-time / ~~part-time\*~~

Kind of subject: ~~obligatory~~ / optional / ~~university-wide\*~~

Subject code **MAT001584**

Group of courses **YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of examination	exam				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	1	3			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	3				

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has a basic knowledge of the calculus, algebra and the probability theory.
2. Student has a basic knowledge of game theory.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1. Basic knowledge of Markov decision processes.
- C2. Basic knowledge of algorithms allowing to find value functions and optimal policies.
- C3. Basic knowledge of simple markovian decision models.
- C4. Basic knowledge of stochastic game models.
- C5. Basic knowledge of theory and applications of mean field games.
- C6. Ability to apply the acquired knowledge to create and analyze dynamic optimization models in various fields of science and technology.

\*niepotrzebne skreślić

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

*The scope of the student's knowledge:*

PEK\_W01 Students knows basic concepts of dynamic programming.

PEK\_W02. Student knows basics of theory of stochastic games.

PEK\_W03. Student knows basics of theory of mean field games.

*The scope of the student's skills:*

PEK\_U01 Student is able to find an optimal policy and value function in a simple markovian decision process.

PEK\_U02. Student is able to check whether a vector of strategies forms a Nash equilibrium in a given simple stochastic game.

PEK\_U03. Student is able to construct an appropriate dynamic model of a given optimization problem.

*The scope of the student's social skills:*

PEK\_K01. Student is able to utilise literature pointed out by the lecturer.

PEK\_K02. Student is able to use computer programs in order to solve some issues.

PEK\_K03. Student understands the necessity of further self-learning.

### Course content

Form of activities - lectures		Hours load
Lec1	Introduction to markovian decision processes, the concept of a policy, different optimality criteria, examples of simple models.	2
Lec2	Dynamic programming method. Solving models with finite time horizon. Backward induction.	2
Lec3	Models with infinite time horizon. The Banach fixed point theorem and its application to a solution of the Bellman equation.	2
Lec4	Algorithms applied to infinite time horizon models: value iteration, policy improvement, LP.	4
Lec5	Markov decision processes with risk sensitive payoff criteria. Other payoff criteria.	2
Lec6	Specific models.	2
Lec7	Two-person zero-sum discounted stochastic games. The theorem of Shapley.	4
Lec8	Nonzero-sum discounted stochastic games.	2
Lec9	Stochastic games with other payoff criteria.	2
Lec10	Applications of stochastic games in economics and engineering.	2
Lec11	Mean field games. The existence of solutions. Relation with games with a finite number of players. Examples of applications in economics and engineering.	4
Lec12	Summary and exam.	2
<b>Total load (in hours)</b>		<b>30</b>

Form of activities – classes, practice		Hours load
Tu1	Markov chains.	2
Tu2	Solving different markovian decision models.	14
Tu3	Solving different stochastic game models.	14
Total load (in hours)		<b>30</b>

### TOOLS FOR TEACHING

- 1 Lecture - traditional method.
- 2 Exercise and accounting problems - the traditional method.
- 3 Consultation.
- 4 Student's own work - preparing to exercise and test.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01,PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01,PEK_U02, PEK_U03,PEK_K01, PEK_K02	oral presentations, quizzes
F2	PEK_W01,PEK_W02, PEK_U01,PEK_U02, PEK_U03,PEK_K01, PEK_K02	exam
P=0,5*F1+0,5*F2		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### PRIMARY LITERATURE

- [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.

#### SECONDARY LITERATURE

- [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.

#### SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)

Dr hab. inż. Anna Jaskiewicz (*Anna.Jaskiewicz@pwr.edu.pl*)  
 Dr Piotr Więcek (*Piotr.Wiecek@pwr.edu.pl*)



**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
ADVANCED TOPICS IN DYNAMIC GAMES MAT001584  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W01, K2MST_mso_W01	C1, C2, C3, C6	Lec1, Lec2, Lec3, Lec4, Lec5, Lec6	1, 3
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W02, K2MST_mso_W02	C4, C6	Lec7, Lec8, Lec9, Lec10	1, 3
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_W13, K2MST_W17 K2MST_mso_W03	C5, C6	Lec11	1, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U04, K2MST_U05, K2MST_U07, K2MST_mso_U01	C1, C2, C3	Tu1, Tu2	2, 3, 4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U08, K2MST_U10, K2MST_U13, K2MST_mso_U02	C4	Tu3	2, 3, 4
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U18, K2MST_U23, K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26, K2MST_U27 K2MST_mso_U03	C6	Tu2, Tu3	2, 3, 4
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K01, K2MST_mso_K01	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Lec1-Lec11, Tu1-Tu3	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_mso_K02	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Lec1-Lec11, Tu1-Tu3	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K03</b>	K2MST_K07	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Lec1-Lec11, Tu1-Tu3	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**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)	150				
Forma zaliczenia	Zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		3		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

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

Z zakresu umiejętności student:

PEK\_U01 potrafi zbudować model matematyczny dla praktycznego problemu

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

Z zakresu kompetencji społecznych student:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02	kolokwium z wykładu
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
BADANIA OPERACYJNE MAT001585  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_mso_W01	C1, C2	Wy5-Wy14	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1, C2	Wy1-Wy4, Wy8-Wy12	1
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_mso_U01	C3, C4	Wy1-Wy4 La1-La8	1,2
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C3, C4	La1-La8	2
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K2MST_K05 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C5	La1-La8	2

\*\* - z tabeli powyżej

FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD

**Name in Polish:** Badania Operacyjne

**Name in English:** Operations Research

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION

**Level and form of studies:** 1st/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\*

**Kind of subject:** ~~obligatory~~ / optional / ~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001585

**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	1		3		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	3				

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows and can apply basic notions of linear algebra and logic.
2. Student knows basics of computer programming.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Learning of basic mathematical models supporting decision-making.
- C2 Learning of basic algorithms used in operations research
- C3 Acquisition of abilities in constructing mathematical models for real problems.
- C4 Acquisition of abilities in implementing models in a mathematical modeling language
- C5 Acquisition of abilities in presenting and interpreting solutions of the constructed models.

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge the student:

PEK\_W01 has in-depth knowledge of linear programming

PEK\_W02 knows basic models and algorithms used in operations research.

relating to skills the student:

PEK\_U01 can build mathematical models for real problems

PEK\_U02 can implement mathematical models using a mathematical modeling language

relating to social competences the student:

PEK\_K01 can present problem solutions to non-mathematicians in an understandable way.

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec1	Introduction to operations research. Formulation of the linear programming problem	2
Lec2	Building mathematical models (1)	2
Lec3	Building mathematical models (2)	2
Lec4	Building mathematical models (3)	2
Lec5	The simplex algorithm for linear programming.	2
Lec6	Duality and sensitivity analysis in linear programming	2
Lec7	Algorithms for integer linear programming.	2
Lec8	Minimum cost flow problem – applications and mathematical properties	2
Lec9	Network simplex algorithm	2
Lec10	The shortest (longest) path problem – applications and algorithms	2
Lec11	The maximum flow problem – applications and algorithms	2
Lec12	The assignment, minimum spanning tree and traveling salesperson problems – applications and algorithms	2
Lec13	Elements of computational complexity, NP-hard combinatorial optimization problems and limitations of modern computational techniques.	2
Lec14	Multiobjective programming	2
Lec15	Written test	
	Total hours	<b>30</b>
Form of classes - Class		Number of hours
La1	Introduction to MathProg (AMPL) language	2
La2	Building and implementing linear programming models for chosen problems	4
La3	Building and implementing integer linear programming models for chosen problems	8

La4	Building and implementing models for the minimum cost flow problem and its variants	4
La5	Building and implementing models for various variants of the traveling salesperson problem	2
La6	Building and implementation models for chosen combinatorial optimization problems	4
La7	Building and implementing models for chosen multiobjective problems	4
La8	Written test	2
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – computer presentation and traditional method  
N2. Laboratory – building models for chosen problems and implementation of the models using the AMPL language

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02	Written test (lecture)
F2	PEK_U01 PEK_U02 PEK_K01	Written test (laboratory)
$P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SECONDARY LITERATURE:**

- [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/>

#### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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



**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
OPERATIONS RESEARCH MAT001585  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS AND SPECIALIZATION  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W04 K2MST_W08, K2MST_mso_W01	C1, C2	Lec5-Lec14	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W11, K2MST_W21 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1, C2	Lec1-Lec4 Lec8-Lec12	1
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U10 K2MST_U15, K2MST_mso_U01	C3, C4	Lec1-Lec4 La1-La8	1,2
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C3, C4	La1-La8	2
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K05 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C5	La1-La8	2

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	150				
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	1		3		
W tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

### Z zakresu wiedzy:

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

### Z zakresu umiejętności:

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

### Z zakresu kompetencji społecznych:

- PEK\_K01. Potrafi korzystać z literatury naukowej, w tym docierać do materiałów źródłowych oraz dokonywać ich przeglądu.  
 PEK\_K02. Potrafi wspomagać analizę modeli matematycznych stosownymi narzędziami informatycznymi.  
 PEK\_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. Łącuchy Markowa. Warunkowa wartość oczekiwana. Martyngały i momenty zatrzymania.	2
Wy3	Markowskie procesy decyzyjne. Równanie Bellmana.	2
Wy4	Modele z nieskończonym horyzontem-podstawy. Modele decyzyjne markowskie z dyskontowaniem wypłat. Minimalizacja średniego kosztu na jednostkę. Średnia wypłata i inne kryteria.	4
Wy5	Przykłady zastosowań markowskich procesów decyzyjnych w zagadnieniach odnowy, optymalizacji serwisu.	2
Wy6	Sterowanie optymalne układu w czasie ciągłym. Równanie Hamiltona-Jakobiego-Bellmana.	2
Wy7	Systemy liniowe z kwadratową funkcją kosztu i pełną obserwacją stanu. Zadanie sterowania zapasami.	2
Wy8	Systemy z niepewną obserwacją stanu. Iteracyjne wyznaczanie funkcji wartości.	2
Wy9	Aproksymacja rozwiązań równania Bellmana.	2
Wy10	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych.	2
Wy11	Optymalne zatrzymywanie ciągów skończonych-przypadek łańcucha Markowa. Problem wyboru najlepszego obiektu.	2
Wy12	Optymalne zatrzymywanie ciągów nieskończonych. Przypadek łańcucha Markowa.	2
Wy13	Problem wykrywania rozregulowania.	2
Wy14	Rozwiązania suboptymalne. Systemy adaptacyjne.	2

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

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

<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 KSZTAŁCENIA

<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	PEK_W01 PEK_W02	odpowiedzi ustne, kartkówki

	PEK_W03 PEK_W04 PEK_K01 PEK_K02	
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04 PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	kolokwium
P=0,4*F1+0,6*F2		

### **LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA**

#### **LITERATURA PODSTAWOWA:**

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

#### **LITERATURA UZUPEŁNIAJĄCA:**

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

#### **OPIEKUN PRZEDMIOTU (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

MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
**Optimal Control MAT001586**  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION

Przedmiotowy efekt kształcenia	Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)	Cele przedmiotu**	Treści programowe**	Numer narzędzia dydaktycznego**
PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1—C6	Wy1—Wy9	1,3,4
PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	K2MST_K01, K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy14, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

Name in Polish: **Optymalne sterowanie**

Name in English: **Optimal control**

Main field of study (if applicable): **APPLIED MATHEMATICS**

Specialization (if applicable): **MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

Level and form of studies: **1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\***

Kind of subject: **obligatory / optional / ~~university-wide\*~~**

Subject code **MAT001586**

Group of courses **YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination / <del>crediting with grade*</del>	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	1		3		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	3				

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. The student has basic knowledge of calculus, algebra and the probability theory.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Understanding the concepts and methods of control.
- C2 Understanding the wording optimal control tasks.
- C3 Knowledge of the backgrounds for the analysis of dynamic systems.
- C4 Understanding models and analysis of stochastic control systems.
- C5 Application of acquired knowledge to create and analyze mathematical models to solve theoretical and practical problems in various fields of science and technology.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

*The scope of the student's knowledge:*

**PEK\_W01:** Student knows the formulation of operational research problems.

**PEK\_W02:** He recognizes situations that require the application of operations research methods to solve practical problems.

**PEK\_W03:** He knows the limitations of analytical methods and the possibility of numerical analysis of dynamic models.

**PEK\_W04:** He knows the stochastic methods in operations research.

*The scope of the student's skills:*

- PEK\_U01. Student is able to formulate modeling task for analysis in a convenient form.  
 PEK\_U02. He can use the appropriate algorithm to solve tasks in the operational research.  
 PEK\_U03. Student is able to recognize issues that competent optimization methods are based on the use of stochastic camera.

*The scope of the student's social skills:*

- PEK\_K01 The student is able to find and use the recommended literature course and independently acquire knowledge  
 PEK\_K02 The student is able to use the basic tools for the analysis of mathematical models  
 PEK\_K03 The student understands the need for systematic and independent work on mastery of course material.

Course content		
Form of activities - lectures		Hours load
Wy1	Deterministic control system with discrete time. Algorithm of dynamic programming.	2
Wy2	Processes with discrete time. Markov chains. Conditional expectation. Martingales and Markov times.	2
Wy3	Markov decision processes. Bellman equation.	2
Wy4	Introduction to models with infinite horizon. Markov decision models with discounted payments, minimizing the average cost per unit and other criteria.	4
Wy5	Applications Markov decision processes in the reliability theory, the renewal theory, the queue theory.	2
Wy6	Optimal control of the continuous time. The Hamilton-Jacobi-Bellman equation.	2
Wy7	Linear systems with quadratic cost function and a complete state observation. The inventory control systems.	2
Wy8	Systems with uncertain state observation. Iterative determination of the value functions.	2
Wy9	The approximated solution of the Bellman equation.	2
Wy10	Optimal stopping of finite sequences.	2
Wy11	Optimal stopping of finite Markov sequences. Examples.	2
Wy12	Infinite horizon optimal stopping problem.	2
Wy13	The disorder detection problem.	2
Wy14	Suboptimal solutions of operation models. Adaptive systems.	2
<b>Total load (in hours)</b>		<b>30</b>

Form of activities: classes, practice		Number of hours
Ćw1	Examples of deterministic control systems with discrete time.	2
Ćw2	Properties of Markov chains and their analysis. Checking stationarity and ergodicity of stochastic sequences. Classification of states. Conditional expectation. Martingales and Markov moments.	2
Ćw3	Markov decision process for selected practical problems. Analysis of the Bellman equation for the constructed MDPs.	2



Ćw4	Investigation of infinite horizon models. Markov decision models with discounted payoffs, the average cost per unit, and other criteria.	4
Ćw5	Applications Markov decision processes in the reliability theory, the renewal theory, the queue theory-examples.	2
Ćw6	Optimal control of the continuous time. The Hamilton-Jacobi-Bellman equation.	2
Ćw7	Linear systems with quadratic cost function and a complete state observation. The inventory control systems.	2
Ćw8	Systems with uncertain state observation. Iterative determination of the value functions.	2
Ćw9	The approximated solution of the Bellman equation.	2
Ćw10	Optimal stopping of finite sequences.	2
Ćw11	Optimal stopping of finite Markov sequences. Examples.	4
Ćw12	Analysis of selected disorder problems.	2
Ćw13	Suboptimal solutions. Adaptive systems.	2
	Total hours	<b>30</b>

### TOOLS FOR TEACHING

- 1 Lecture - traditional method.
- 2 Exercise and accounting problems - the traditional method.
- 3 Consultation.
- 4 Student's own work - preparing to exercise and test.

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03 PEK_W04, PEK_W05 PEK_K01, PEK_K02	oral presentations, quizzes, tests
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03 PEK_W04, PEK_W05 PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_U04 PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03	exam
$P=0,4*F1+0,6*F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

**SECONDARY LITERATURE:**

- [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.

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

Dr hab. inż. Anna Jaśkiewicz

Prof. Dr Hab. Eng. Krzysztof Szajowski ([krzysztof.szajowski@pwr.edu.pl](mailto:krzysztof.szajowski@pwr.edu.pl))

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
**Optimal Control MAT001586**  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
 MATHEMATICS AND SPECIALIZATION MODELLING, SIMULATION,  
 OPTIMIZATION

AND SPECIALIZATION ..... Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_W04	K2MST_W01, K2MST_W02, K2MST_W03, K2MST_W06, K2MST_W07, K2MST_W08, K2MST_W10 K2MST_mso_W01 K2MST_mso_W02 K2MST_mso_W03	C1—C6	Wy1—Wy9	1,3,4
PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03	K2MST_U01, K2MST_U02, K2MST_U03, K2MST_U15, K2MST_U16, K2MST_U17, K2MST_U18, K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_mso_U01 K2MST_mso_U02 K2MST_mso_U03	C1—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_K01 PEK_K02 PEK_K03	K2MST_K0, K2MST_K02, K2MST_K03, K2MST_K04, K2MST_K05, K2MST_K06 K2MST_K07 K2MST_mso_K01 K2MST_mso_K02	C1, C2, C3, C4, C5, C6	Wy1-Wy14, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

\*\* - from table above

**WYDZIAŁ MATEMATYKI  
KARTA PRZEDMIOTU**

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

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

**Specjalność (jeśli dotyczy): COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

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

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

**Kod przedmiotu MAT001587**

**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)	150				
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 kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

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

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W12	zaliczenie wykładu - kolokwia

	PEK_U12	
F2	PEK_U12 PEK_K06 PEK_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)**

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
 MODELOWANIE AGENTOWE UKŁADÓW ZŁOŻONYCH MAT001587  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
 I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W12</b> (wiedza)	K2MIC_W12	C1	Wy1-Wy9	1, 3
<b>PEK_U12</b> (umiejętności)	K2MIC_U21 K2MIC_U20 K2MIC_U24 K2MIC_U25	C1	Pr1	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b> <b>PEK_K06</b> (kompetencje)	K2MIC_K02 K2MIC_K06	C1	Wy1-Wy9, Pr1	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b> <b>SUBJECT CARD</b> <b>Name in Polish WSTĘP DO ANALIZY DUŻYCH WOLUMENÓW DANYCH</b> <b>Name in English INTRODUCTION TO BIG DATA ANALYTICS</b> <b>Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS</b> <b>COMPUTATIONAL MATHEMATICS</b> <b>Level and form of studies: 1st/ 2nd* level, full-time / <del>part-time</del>*</b> <b>Kind of subject: <del>obligatory</del> / optional / <del>university-wide</del>*</b> <b>Subject code MAT001587</b> <b>Group of courses YES / <del>NO</del>*</b>					
--	--	--	--	--	--

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	90				
Form of crediting	crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes			4		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	3				

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has basic programming skills.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Searching, extracting, storing and computer-aided analysis of big data. Understanding its impact and relevance in today's society.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W12 knows how to use programming languages and their scientific modules for big data analysis

relating to skills:

PEK\_U12 can perform an analysis of big data by making use of a computer

relating to social competences:

PEK\_K06 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

PEK\_K02 can accurately formulate questions for deeper understanding of a given topic

**PROGRAMME CONTENT**

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Introduction to Big Data	2
Lec 2	Big data platforms	2
Lec 3	Hadoop ecosystem	4
Lec 4	Querying big data with Hive	4
Lec 5	Big data and machine learning	4
Lec 6	In-memory big data platform - Spark	4
Lec 7	Linked Big Data	4
Lec 8	Big data visualization	2
Lec 9	Project presentations	4
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

<b>Form of classes - project</b>		<b>Number of hours</b>
Pr1	Practical Preparation and presentations of projects illustrating methods given in the lectures.	30
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

**TEACHING TOOLS USED**

- N1. Lecture – traditional method and presentations
- N2. Student partial project presentation and final presentation
- N3. Consultations
- N4. Student’s self work – work related to the project development

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	<b>Educational effect number</b>	<b>Way of evaluating educational effect achievement</b>
F1	PEK_W12 PEK_U12	mid-term exams
F2	PEK_U12 PEK_K06 PEK_K02	Oral presentations
C $P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

**PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**



**PRIMARY LITERATURE:**

- [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

**SECONDARY LITERATURE:**

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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
INTRODUCTION TO BIG DATA ANALYTICS MAT001587  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS AND SPECIALIZATION  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W12</b>	K2MIC_W12	C1	Lec1-Lec9	1,3
<b>PEK_U12 (skills)</b>	K2MIC_U21 K2MIC_U20 K2MIC_U24 K2MIC_U25	C1	Pr1	2,3,4
<b>PEK_K02 PEK_K06 (competences)</b>	K2MIC_K02 K2MIC_K06	C1	Lec1-Le9, Pr1	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**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)	180				
Forma zaliczenia	<del>Egzamin</del> / zaliczenie na ocenę				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy	X				
Liczba punktów ECTS	6				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2	2			
W tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA**

Z zakresu wiedzy:

- PEK\_W01. Zna sformułowania zadań programowania matematycznego.  
 PEK\_W02. Ma podstawową wiedzę o zastosowaniach i znaczeniu zadań programowania matematycznego.  
 PEK\_W03. Zna ograniczenia metod analitycznych i metody numerycznej analizy zadań optymalizacji.

Z zakresu umiejętności:

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

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

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

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

<b>TREŚCI PROGRAMOWE</b>		
<b>Forma zajęć – wykłady</b>		<b>Liczba godzin</b>
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>

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

### OCENA OSIĄGNIĘCIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_K01 PEK_K02	odpowiedzi ustne, kartkówki
F2	PEK_W01 PEK_W02 PEK_W03 PEK_U01 PEK_U02 PEK_U03 PEK_K01 PEK_K02 PEK_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)

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

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
TEORIA OPTYMALIZACJI MAT001588  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
PEK_W01 (wiedza)	K2MST_W01 K2MST_W06 K2MST_W10 K2MST_mso_W01	C1—C2	Wy1—Wy11	1,3,4
PEK_W02	K2MST_W02 K2MST_W07 K2MST_W15 K2MST_mso_W02	C5	Wy1—Wy6	1,3,4
PEK_W03	K2MST_W03 K2MST_W08 K2MST_mso_W03	C3—C4	Wy1—Wy11	1,3,4
PEK_U01 (umiejętności)	K2MST_U01 K2MST_U11 K2MST_mso_U01	C1—C2, C5	Ćw1—Ćw9	2,3,4
PEK_U02	K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_mso_U02	C4—C5	Ćw1—Ćw9	2,3,4
PEK_U03	K2MST_U25 K2MST_U29 K2MST_mso_U03	C1—C2, C4—C5	Ćw1—Ćw9	2,3,4
PEK_K01 (kompetencje)	K2MST_K01 K2MST_K04 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3, C4, C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K02	K2MST_K02 K2MST_K05 K2MST_mso_K02	C1—C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K03	K2MST_K03 K2MST_K06 K2MST_K07	C1—C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

Name in Polish: **Teoria optymalizacji**

Name in English: **Optimization Theory**

Main field of study (if applicable): **Applied Mathematics**

Specialization (if applicable):

Level and form of studies: **1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\***

Kind of subject: **obligatory / ~~optional~~ / ~~university-wide\*~~**

Subject code **MAT001588**

Group of courses **YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30	30			
Number of hours of total student workload (CNPS)	180				
Form of crediting	<del>Examination</del> / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	6				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2	2			
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5	1,5			

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. The student has basic knowledge of calculus and algebra.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Student is understanding the concepts and methods of mathematical programming.  
 C2 He knows and understands the formulation of the linear and quadratic programming.  
 C3 He has knowledge of the theoretical background of mathematical programming.  
 C4 He knows the computer methods of mathematical programming.  
 c5 He is able to apply the acquired knowledge to create and analyze mathematical models to solve theoretical and practical study in various fields of science and technology.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

*The scope of the student's knowledge:*

PEK\_W01: Student knows the formulation of mathematical programming problems.

PEK\_W02: He has a basic knowledge about the usage and importance of mathematical programming methods.

PEK\_W03: He knows the limitations of analytical methods and the possibility of numerical analysis of optimization problems.

*The scope of the student's skills:*

PEK\_U01. Student is able to formulate mathematical programming problem in a



<p>convenient form for analysis.</p> <p>PEK_U02. He can use the appropriate algorithm to solve tasks in the mathematical programming.</p> <p>PEK_U03. He can apply optimization methods, and analytical methods or numerical analysis, in order to solve practical problems.</p> <p><i>The scope of the student's social skills:</i></p> <p>PEK_K01 The student is able to find and use the recommended literature course and independently acquire knowledge</p> <p>PEK_K02 The student is able to use the basic tools for the analysis of mathematical models</p> <p>PEK_K03 The student understands the need for systematic and independent work on mastery of course material.</p>
--

<b>Course content</b>		
<b>Form of activities - lectures</b>		<b>Hours load</b>
Wy1	Introduction to mathematical programming. Optimization without constraints. Global and local extremes. Optimality conditions.	2
Wy2	Gradient methods. Steepest descent method. Newton's method and its variants. Analysis of convergence.	6
Wy3	Linear programming. Geometric interpretation. Simplex algorithm.	4
Wy4	Dual problem. Duality theory for linear programming. Sensitivity analysis.	2
Wy5	Integer programming. Linear programming relaxation. Branch and bound method.	2
Wy6	The theory of Lagrange multipliers. The necessary and sufficient conditions for extreme for constraints in the equality form. Lagrange multipliers in sensitivity analysis.	4
Wy7	Constraints in the form of inequality. Optimality conditions of Karush-Kuhn-Tucker.	2
Wy8	Quadratic programming. Wolfe's algorithm.	2
Wy9	Elements of convex analysis. Projection theorem. Supporting hyperplane theorem. Separating hyperplane theorem.	2
Wy10	Optimization on a convex set. Frank-Wolfe's method. Gradient projection method.	2
Wy11	Convex programming. Duality for convex programming. Subgradient. Subgradient methods.	2
<b>Total load (in hours)</b>		<b>30</b>

<b>Form of activities: classes, practice</b>		<b>Number of hours</b>
Ćw1.	Necessary and sufficient optimality conditions.	2
Ćw2.	Properties of convex functions and convex sets.	2
Ćw3.	Illustration of gradient methods.	4
Ćw4.	Simplex method. Practical applications of linear programming. Sensitivity	8

	analysis.	
Ćw5.	Applications of Lagrange multiplier theory in practical optimization problems.	6
Ćw6.	Quadratic programming problems.	4
Ćw7.	Applications of convex analysis in solving optimization problems.	2
Ćw8.	Test.	2
	Total hours	<b>30</b>

### TOOLS FOR TEACHING

- 1 Lecture - traditional method.
- 2 Exercise and accounting problems - the traditional method.
- 3 Consultation.
- 4 Student's own work - preparing to exercise and test.

### OCENA OSIĄGNIĘCIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_K01, PEK_K02	oral presentations, quizzes, tests
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02, PEK_K03	exam
P=0,4*F1+0,6*F2		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SECONDARY LITERATURE:**

- [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

<b>SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)</b>
--

Dr hab. inż. Anna Jaśkiewicz ( <a href="mailto:anna.jaskiewicz@pwr.edu.pl">anna.jaskiewicz@pwr.edu.pl</a> )
---

Dr inż. Piotr Więcek ( <a href="mailto:Piotr.wiecek@pwr.edu.pl">Piotr.wiecek@pwr.edu.pl</a> )
---

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
OPTIMIZATION METHODS MAT001588  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS AND SPECIALIZATION MODELLING, SIMULATION,  
OPTIMIZATION**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
PEK_W01 <b>(knowledge)</b>	K2MST_W01 K2MST_W06 K2MST_W10 K2MST_mso_W01	C1—C2	Wy1—Wy11	1,3,4
PEK_W02	K2MST_W02 K2MST_W07 K2MST_W15 K2MST_mso_W02	C5	Wy1—Wy6	1,3,4
PEK_W03	K2MST_W03 K2MST_W08 K2MST_mso_W03	C3—C4	Wy1—Wy11	1,3,4
PEK_U01 <b>(skills)</b>	K2MST_U01 K2MST_U11 K2MST_mso_U01	C1—C2, C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_U02	K2MST_U19 K2MST_U24 K2MST_mso_U02	C4—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_U03	K2MST_U25 K2MST_U29 K2MST_mso_U03	C1—C2, C4—C5	Ćw1-Ćw9	2,3,4
PEK_K01 <b>(competences, social skills)</b>	K2MST_K01 K2MST_K04 K2MST_mso_K01	C1, C2, C3, C4, C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K02	K2MST_K02 K2MST_K05 K2MST_mso_K02	C1—C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4
PEK_K03	K2MST_K03 K2MST_K06 K2MST_K07	C1—C5	Wy1-Wy11, Ćw1-Ćw9	1, 2, 3, 4

\*\* - from table above

**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): COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

**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)	150				
Forma zaliczenia	Egzamin				
Dla grupy kursów zaznaczyć kurs końcowy (X)	X				
Liczba punktów ECTS	5				
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)	2		2		
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)	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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy:

K2MIC\_W08 zna zaawansowane techniki obliczeniowe, wspomagające pracę matematyka i rozumie ich ograniczenia

K2MIC\_W09 zna podstawy modelowania stochastycznego w matematyce finansowej i aktuarialnej lub w naukach przyrodniczych, w szczególności fizyce, chemii lub biologii

Z zakresu umiejętności:

K2MIC\_U23 potrafi planować i przeprowadzać symulacje komputerowe i proste eksperymenty oraz interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski

Z zakresu kompetencji społecznych:

K2MIC\_K02 potrafi precyzyjnie formułować pytania, służące pogłębieniu własnego zrozumienia danego tematu lub odnalezieniu brakujących elementów rozumowania

K2MIC\_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>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wykład problemowy – metoda tradycyjna i prezentacje</li> <li>2. Laboratorium problemowe – z zastosowaniem komputera</li> <li>3. Konsultacje</li> <li>4. Praca własna studenta – przygotowanie do laboratorium</li> </ol>

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	K2MIC_W08 K2MIC_W09	egzamin
F2	K2MIC_U23 K2MIC_K02 K2MIC_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 (IMIE, NAZWISKO, ADRES E-MAIL)</b>

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
 MODELOWANIE AGENTOWE UKŁADÓW ZŁOŻONYCH MAT001589  
 Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
 I SPECJALNOŚCI COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W08</b> <b>PEK_W09</b> (wiedza)	K2MST_W08 K2MST_W09 K2MST_W11 K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Wy1-Wy15	1, 3
<b>PEK_U18</b> (umiejętności)	K2MST_U17 K2MST_U18 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	La1-La7	2, 3, 4
<b>PEK_K02</b> <b>PEK_K06</b> (kompetencje)	K2MST_K02 K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Wy1-Wy15, La1-La7	1, 2, 3, 4

\*\* - z tabeli powyżej



<b>FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS</b>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish</b> MODELOWANIE AGENTOWE UKŁADÓW ZŁOŻONYCH					
<b>Name in English</b> AGENT-BASED MODELLING OF COMPLEX SYSTEMS					
<b>Main field of study (if applicable):</b> APPLIED MATHEMATICS					
<b>Level and form of studies:</b> <del>1st</del> / 2nd* level, full-time / <del>part-time</del> *					
<b>Kind of subject:</b> obligatory / <del>optional</del> / <del>university-wide</del> *					
<b>Subject code</b> MAT001589					
<b>Group of courses</b> YES / NO*					
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	150				
Form of crediting	Examination				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	5				
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has the standard knowledge of computational methods in mathematics.
2. Student has basic programming skills.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Analysis of complex systems by making use of agent-based modelling methods.

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

K2MIC\_W08 knows advanced computational methods and understand their limitations

K2MIC\_W09 knows basic stochastic modelling methods in financial and actuarial mathematics or in science

relating to skills:

K2MIC\_U23 can construct and perform computer simulations and simple experiments, can interpret obtained results and draw conclusions

relating to social competences:

K2MIC\_K06 can, without assistance, search for necessary information in the literature, also in foreign languages

K2MIC\_K02 can accurately formulate questions for deeper understanding of a given topic

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Introduction to agent-based modelling	2
Lec 2	Introduction to agent-based modelling	2
Lec 3	Creating simple agent-based models	2
Lec 4	Creating simple agent-based models	2
Lec 5	Exploring and extending agent-based models	2
Lec 6	Exploring and extending agent-based models	2
Lec 7	Exploring and extending agent-based models	2
Lec 8	Exploring and extending agent-based models	2
Lec 9	Components of agent-based models	2
Lec 10	Components of agent-based models	2
Lec 11	Analyzing agent-based simulations	2
Lec 12	Analyzing agent-based simulations	2
Lec 13	Verification and validation of agent-based models	2
Lec 14	Computational roots of agent-based modelling	2
Lec 15	Models of natural and social complex systems - examples	2
	Total hours	<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
La 1	Practical introduction to Python modules for agent-based modelling	2
La 2	Practical introduction to Netlogo	2
La 3	Simple agent-based models (life, ant, heroes and cowards models)	4
La 4	Analysis of existing models (fire, segregation and El Farol models)	8
La 5	SI epidemics model – implementation and analysis	4
La 6	SIR epidemics model – implementation and analysis	2
La 7	Voter and q-voter models – implementation and analysis	8
	Total hours	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method and presentations

N2. Problem and computing laboratory – using computer based methods

N3. Consultations  
 N4. Student's self work – preparation for the laboratory

**EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT**

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	K2MIC_W08 K2MIC_W09	exam
F2	K2MIC_U23 K2MIC_K02 K2MIC_K06	Oral presentations
C $P=0.5 \cdot F1 + 0.5 \cdot F2$		

**PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**

**PRIMARY LITERATURE:**

- [1] Uri Wilensky, William Rand, “An Introduction to Agent-Based Modeling”
- [2] Steven F. Railsback, Volker Grimm, “Agent-Based and Individual-Based Modeling: A Practical Introduction”

**SECONDARY LITERATURE:**

- [1] Robert Siegfried, „Modeling and Simulation of Complex Systems: A Framework for Efficient Agent-Based Modeling and Simulation”

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

--

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT AGENT-BASED MODELLING OF COMPLEX  
SYSTEMS MAT001589  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY  
APPLIED MATHEMATICS  
AND COMPUTATIONAL MATHEMATICS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W08 PEK_W09 (knowledge)</b>	K2MST_W08 K2MST_W09 K2MST_W11 K2MST_cm_W01 K2MST_cm_W02 K2MST_cm_W03	C1	Lec1-Lec15	1,3
<b>PEK_U18 (skills)</b>	K2MST_U17 K2MST_U18 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_cm_U01 K2MST_cm_U02 K2MST_cm_U03	C1	La1-La7	2,3,4
<b>PEK_K02 PEK_K06 (competences)</b>	K2MST_K02 K2MST_K06 K2MST_cm_K01 K2MST_cm_K02	C1	Lec1-Lec15, La1-La7	1,2,3,4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<b>WYDZIAŁ MATEMATYKI</b>	
<b>KARTA PRZEDMIOTU</b>	
<b>Nazwa w języku polskim:</b>	<b>PRACA DYPLOMOWA</b>
<b>Nazwa w języku angielskim:</b>	<b>Diploma thesis</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; COMPUTATIONAL MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001590</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK / NIE*</b>

	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)					23
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)					1

**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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

PEK\_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 KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_U01 PEK_K01	ocena pracy własnej studenta, ocena pracy dyplomowej
P=F1		

### LITERATURA PODSTAWOWA I UZUPEŁNIAJĄCA

#### OPIEKUN PRZEDMIOTU (IMIE, 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 Gonczewicz** (Jan.Gonczewicz@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 Wyłomańska, 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)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
PRACA DYPLOMOWA MAT001590  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI: FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE; COMPUTATIONAL  
MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01 (wiedza)</b>	K2MST_W03 K2MST_W04 K2MST_W05 K2MST_W09	C1	Nie dotyczy	1, 2
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W12 K2MST_W14 K2MST_W20 K2MST_W21	C1	Nie dotyczy	1, 2
<b>PEK_U01 (umiejętności)</b>	K2MST_U02 K2MST_U03 K2MST_U04 K2MST_U05 K2MST_U07 K2MST_U10 K2MST_U12 K2MST_U13 K2MST_U14 K2MST_U15 K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26 K2MST_U28 K2MST_U30	C1	Nie dotyczy	1, 2
<b>PEK_K01 (kompetencje)</b>	K2MST_K06	C1	Nie dotyczy	1, 2

\*\* - z tabeli powyżej

FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
**SUBJECT CARD**

**Name in Polish:** Praca dyplomowa

**Name in English:** Diploma thesis

**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable):** FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE;  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS;  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION

**Level and form of studies:** 1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\*

**Kind of subject:** obligatory / ~~optional~~ / ~~university-wide~~\*

**Subject code** MAT001590

**Group of courses** YES / NO\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)					30
Number of hours of total student workload (CNPS)					690
Form of crediting	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*	Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course					
Number of ECTS points					23
including number of ECTS points for practical (P) classes					23
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes					1

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has the advanced knowledge and skills in the field of mathematical analysis, functional analysis and the theory of differential equations
2. He has deeper knowledge and skills in the field of probability theory, mathematical statistics and the theory of stochastic processes.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Getting to know new developments and methods used in various applications of mathematics.



### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows the basic models and methods used in various applications of mathematics

PEK\_W02 knows the basics of stochastic modeling

relating to skills:

PEK\_U01 able to construct basic mathematical models used in various fields

relating to social competences:

PEK\_K01 can benefit from the scientific literature (including in foreign languages), including reaching the source materials and make them review

### TEACHING TOOLS USED

N1. Student's own work - searching for information, writing thesis analysis of real data

N2. Consultations

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_U01 PEK_K01	evaluation of the student's self work, the assessment of the thesis
P=F1		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

### SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)

**Prof. dr hab. Aleksander Weron** ([Aleksander.Weron@pwr.edu.pl](mailto:Aleksander.Weron@pwr.edu.pl))  
**Prof. dr hab. Wojciech Okrański** ([Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl](mailto:Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl))  
**Dr hab. Jan Goncerzewicz** ([Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl](mailto:Jan.Goncerzewicz@pwr.edu.pl))  
**Prof. dr hab. Krzysztof Szajowski** ([Krzysztof.Szajowski@pwr.edu.pl](mailto:Krzysztof.Szajowski@pwr.edu.pl))  
**Dr hab. Agnieszka Jurlewicz, prof. nadzw. PWr.** ([Agnieszka.Jurlewicz@pwr.edu.pl](mailto:Agnieszka.Jurlewicz@pwr.edu.pl))  
**Dr hab. Marcin Magdziarz, prof. nadzw. PWr.** ([Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl](mailto:Marcin.Magdziarz@pwr.edu.pl))  
**Dr hab. Agnieszka Wyłomańska, prof. nadzw. PWr.** ([Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl](mailto:Agnieszka.Wylomanska@pwr.edu.pl))  
**Dr Monika Muszkieta** ([Monika.Muszkieta@pwr.edu.pl](mailto:Monika.Muszkieta@pwr.edu.pl))  
**Dr hab. Krzysztof Burnecki, prof. nadzw. PWr.** ([Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl](mailto:Krzysztof.Burnecki@pwr.edu.pl))  
**Dr Joanna Janczura** ([Joanna.Janczura@pwr.edu.pl](mailto:Joanna.Janczura@pwr.edu.pl))

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
DIPLOMA THESIS MAT001590  
AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
MATHEMATICS  
AND SPECIALIZATION FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE; COMPUTATIONAL  
MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W03 K2MST_W04 K2MST_W05 K2MST_W09	C1	Not applicable	1, 2
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W12 K2MST_W14 K2MST_W20 K2MST_W21	C1	Not applicable	1, 2
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U02 K2MST_U03 K2MST_U04 K2MST_U05 K2MST_U07 K2MST_U10 K2MST_U12 K2MST_U13 K2MST_U14 K2MST_U15 K2MST_U21 K2MST_U24 K2MST_U25 K2MST_U26 K2MST_U28 K2MST_U30	C1	Not applicable	1, 2
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K06	C1	Not applicable	1, 2

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

<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; COMPUTATIONAL MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION</b>
<b>Stopień studiów i forma:</b>	<b>II stopień*, stacjonarna / niestacjonarna*</b>
<b>Rodzaj przedmiotu:</b>	<b>obowiązkowy / wybieralny / ogólnouczelniany*</b>
<b>Kod przedmiotu</b>	<b>MAT001591</b>
<b>Grupa kursów</b>	<b>TAK / 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					2
w tym liczba punktów odpowiadająca zajęciom o charakterze praktycznym (P)					2
w tym liczba punktów ECTS odpowiadająca zajęciom wymagającym bezpośredniego kontaktu (BK)					1

**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 KSZTAŁCENIA

Z zakresu wiedzy student:

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

PEK\_W02 zna podstawy modelowania stochastycznego

Z zakresu umiejętności:

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

Z zakresu kompetencji społecznych:

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

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

### STOSOWANE NARZĘDZIA DYDAKTYCZNE

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

### OCENA OSIĄGNIĘCIA PRZEDMIOTOWYCH EFEKTÓW KSZTAŁCENIA

Oceny (F – formująca (w trakcie semestru), P – podsumowująca (na koniec semestru))	Numer efektu kształcenia	Sposób oceny osiągnięcia efektu kształcenia
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_U01 PEK_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. Aleksander Weron (Aleksander.Weron@pwr.edu.pl)  
Prof. dr hab. Wojciech Okrasiński (Wojciech.Okrasinski@pwr.edu.pl)

**MACIERZ POWIĄZANIA EFEKTÓW KSZTAŁCENIA DLA PRZEDMIOTU  
SEMINARIUM DYPLOMOWE MAT001591  
Z EFEKTAMI KSZTAŁCENIA NA KIERUNKU APPLIED MATHEMATICS  
I SPECJALNOŚCI: FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE; COMPUTATIONAL  
MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

<b>Przedmiotowy efekt kształcenia</b>	<b>Odniesienie przedmiotowego efektu do efektów kształcenia zdefiniowanych dla kierunku studiów i specjalności (o ile dotyczy)</b>	<b>Cele przedmiotu**</b>	<b>Treści programowe**</b>	<b>Numer narzędzia dydaktycznego**</b>
<b>PEK_W01</b> (wiedza)	K2MST_W03	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_U01</b> (umiejętności)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_K01</b> (kompetencje)	K2MST_K06	C1	Se1	1, 2

\*\* - z tabeli powyżej

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish: SEMINARIUM DYPLOMOWE**

**Name in English: Diploma Seminar**

Main field of study (if applicable): APPLIED MATHEMATICS

**Specialization (if applicable): FINANCIAL AND ACTUARIAL MATHEMATICS;  
MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE;  
COMPUTATIONAL MATHEMATICS;  
MODELLING, SIMULATION, OPTIMIZATION**

**Level and form of studies: 1st/ 2nd\* level, full-time / part-time\***

**Kind of subject: obligatory / optional / university-wide\***

**Subject code MAT001591**

**Group of courses YES / NO\***

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)					30
Number of hours of total student workload (CNPS)					60
Form of crediting					Examination / crediting with grade*
For group of courses mark (X) final course					
Number of ECTS points					2
including number of ECTS points for practical (P) classes					2
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes					1

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student has an advanced knowledge and skills in the field of calculus, functional analysis and the theory of differential equations.
2. She has got a thorough knowledge and skills in the field of probability, mathematical statistics and the theory of stochastic processes.

**SUBJECT OBJECTIVES**

C1 Learning about achievements and new methods used in various applications of mathematics.

\*delete as inapplicable

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

Relating to knowledge:

PEK\_W01 knows fundamental models and methods used in various applications of mathematics

PEK\_W02 knows the fundamentals of stochastic modeling

Relating to skills:

PEK\_U01 can build basic mathematical models, used in various disciplines

Relating to social competences:

PEK\_K01 can use the scientific literature (also in foreign languages), including finding source information and browse through articles

Form of classes - seminar		Number of hours
Se1	Master thesis results presentations.	30
	Total hours	<b>30</b>

TEACHING TOOLS USED	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Problem Seminar, presentation, problem lecture, informative lecture</li> <li>2. Student's self-work – preparation for the seminar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Semina</li> <li>4. Praca</li> </ol>

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01 PEK_W02 PEK_U01 PEK_K01	Evaluation of the presentation, informative or problem lecture prepared by the student
P=F1		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR SUBJECT  
 DIPLOMA SEMINAR 3 MAT001591  
 AND EDUCATIONAL EFFECTS FOR MAIN FIELD OF STUDY APPLIED  
 MATHEMATICS AND SPECIALIZATION: FINANCIAL AND ACTUARIAL  
 MATHEMATICS; MATHEMATICS FOR INDUSTRY AND COMMERCE;  
 COMPUTATIONAL MATHEMATICS; MODELLING, SIMULATION,  
 OPTIMIZATION**

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)	Subject objectives**	Programme content**	Teaching tool number**
<b>PEK_W01</b> (knowledge)	K2MST_W03	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W09	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_U01</b> (skills)	K2MST_U15 K2MST_U24 K2MST_U25	C1	Se1	1, 2
<b>PEK_K01</b> (competences)	K2MST_K06	C1	Se1	1, 2

\*\* - from the table above



## FACULTY OF MATHEMATICS

**SUBJECT CARD****Name in Polish:** Wprowadzenie do teorii oszczędnego próbkowania**Name in English:** Introduction to compressed sensing**Main field of study (if applicable):** Applied Mathematics**Specialization (if applicable):** Data Engineering**Level and form of studies:** ~~1st~~/ 2nd\* level, full-time / ~~part-time~~\***Kind of subject:** ~~obligatory~~/ optional / ~~university-wide~~\***Subject code** MAT001682**Group of courses** YES / ~~NO~~\*

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	90		60		
Form of crediting	crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	3		2		
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

\*delete as applicable

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Student knows basic facts of linear algebra and optimization.
2. Knows MATLAB package for numerical computing.

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Study of theory and basic concepts of compressed sensing.  
 C2 Study of numerical algorithms for signal recovery used in compressed sensing.  
 C3 Study of fundamental applications of compressed sensing.

### SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS

relating to knowledge:

PEK\_W01 knows fundamental theoretical results in compressed sensing

PEK\_W02 knows basic algorithms for sparse recovery

PEK\_W03 knows classical applications of compressed sensing

relating to skills:

PEK\_U01 understand the main idea of compressed sensing

PEK\_U02 be able to apply numerical methods for sparse recovery

PEK\_U03 be able to demonstrate examples of compressed sensing applications

relating to social competences:

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature

PEK\_K02 understands the need for systematic work on course material

### PROGRAMME CONTENT

Form of classes - lecture		Number of hours
Lec 1	Introduction to compressed sensing. History, motivations and overview of applications.	2
Lec 2	Review of vector spaces.	2
Lec 3	Sparse solutions of undetermined systems.	4
Lec 4	Null space property.	2
Lec 5	Restricted isometry property.	4
Lec 6	Signal recovery by $l_1$ minimization.	8
Lec 7	Signal recovery algorithms.	4
Lec 8	Examples of applications for one- and two-dimensional data	4
Total hours		<b>30</b>

Form of classes - laboratory		Number of hours
Lab 1	Solving selected problems illustrating theory given in the lectures analytically or using MATLAB package for numerical computing	30
Total hours		<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

N1. Lecture – traditional method supported by multimedia presentation

N2. Computer laboratory – solving problems analytically, working on a computer using MATLAB package for numerical computations

N3. Consultations

N4. Student's self work – preparation for the laboratory

## EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

Evaluation (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03 PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02	activity on the laboratory, oral presentation of results
F2	PEK_W01, PEK_U01, PEK_K01, PEK_K02	test
$P = 0.5 * F1 + 0.5 * F2$		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

#### **PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SECONDARY LITERATURE:**

- [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.

#### **SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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

**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
INTRODUCTION TO COMPRESSED SENSING MAPXXXX  
AND EDUCATIONAL EFFECTS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
<b>PEK_W01 (knowledge)</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03, K2MST_mso_W01, K2MST_mso_W02, K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 1-6,	1
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03, K2MST_mso_W01, K2MST_mso_W02, K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 7, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03, K2MST_mso_W01, K2MST_mso_W02, K2MST_mso_W03	C1, C2, C3	Lec 8, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_U01 (skills)</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03, K2MST_mso_U01, K2MST_mso_U02, K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 1-6	1
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03, K2MST_mso_U01, K2MST_mso_U02, K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 7, Lab 1	1, 2, 3
<b>PEK_U03</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03, K2MST_mso_U01, K2MST_mso_U02, K2MST_mso_U03	C1, C2, C3	Lec 1, Lec 8	1, 2, 3
<b>PEK_K01 (competences)</b>	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02, K2MST_mso_K01, K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 8, Lab 1	1, 2, 3, 4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02, K2MST_mso_K01, K2MST_mso_K02	C1, C2, C3	Lec 1- Lec 8, Lab 1	1, 2, 3, 4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

**FACULTY OF PURE AND APPLIED MATHEMATICS  
SUBJECT CARD**

**Name in Polish** POZYSKIWANIE WIEDZY  
**Name in English** DATA MINING  
**Main field of study (if applicable):** APPLIED MATHEMATICS  
**Specialization (if applicable):** Data Engineering  
**Level and form of studies:** 2nd level, full-time  
**Kind of subject:** obligatory / optional / university-wide\*  
**Subject code** INT001337  
**Group of courses** YES

	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	90		60		
Form of crediting	crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	3		2		
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Introduction to probability theory
2. Introduction to mathematical statistics
3. Introduction to programming

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Knowledge of basic data mining tasks  
 C2 Knowledge of classical and modern approaches used for classification, dimension reduction and cluster analysis  
 C3 Knowledge of procedures used to evaluate the performance of classification or cluster analysis algorithms  
 C4 Use of acquired knowledge in solving practical problems from different areas of science, technology and economics

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

**relating to knowledge:**

PEK\_W01 has knowledge related to different data mining tasks

PEK\_W02 knows basic methods/algorithms used for classification, dimension reduction, cluster analysis, association rules discovery, and knows properties of these methods

PEK\_W03 knows procedures used in evaluating quality of classification or clustering results

**relating to skills:**

PEK\_U01 can choose appropriate methods to solve a given data exploration task

PEK\_U02 knows how to use both supervised and unsupervised learning algorithms

PEK\_U03 knows how to evaluate the performance of data mining procedures

**relating to social competences:**

PEK\_K01 can, without assistance, search for necessary information in the literature and acquire knowledge independently

PEK\_K02 understands the need for systematic and independent work on mastery of course material

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Introduction to the basic concepts of data mining. The types of data exploration tasks.	2
Lec 2	Data preparation for data mining analysis: handling missing values, identification of outliers and necessary transformations.	4
Lec 3	Dimension reduction methods: Principal Components Analysis (PCA), Multidimensional Scaling (MDS).	4
Lec 4	Methods used for data classification: k-nearest neighbors (K-NN), classification tree, naive Bayes classifier, discriminant analysis, logistic regression.	6
Lec 5	Cluster analysis. Partitioning and hierarchical methods (k-means, PAM, AGNES, DIANA).	4
Lec 6	Evaluation of the quality of classification and clustering results.	2
Lec 7	Support Vector Machines (SVM).	2
Lec 8	Ensemble methods in classification: bagging, boosting, random forest.	2
Lec 9	Introduction to the association rules mining.	2
Lec 10	Final test.	2
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

<b>Form of classes - laboratory</b>		<b>Number of hours</b>
Lab 1	Introduction to R statistical environment.	2
Lab 2	Data structures and elements of programming in R.	2
Lab 3	Exploratory analysis of multivariate data.	2
Lab 4	Data preparation (handling missing values, identification of outliers and necessary data transformations).	2
Lab 5	Dimension reduction methods (PCA, MDS).	3

Lab 6	K-nearest neighbors (K-nn) algorithm and classification trees.	2
Lab 7	Discriminant analysis and logistic regression.	3
Lab 8	Cluster analysis – partitioning algorithms (k-means, PAM).	2
Lab 9	Cluster analysis – hierarchical algorithms (AGNES, DIANA, MONA).	2
Lab 10	Evaluation of classification and cluster analysis results.	3
Lab 11	Support Vector Machines (SVM).	2
Lab 12	Classifier ensembles: bagging, boosting, random forest	3
Lab 13	Association rules discovery.	2
	<b>Total hours</b>	<b>30</b>

### TEACHING TOOLS USED

- N1. Lecture – traditional method  
N2. Computer lab classes  
N3. Consultations  
N4. Student’s self work – preparation for the classes

### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_U01, PEK_U02, PEK_U03, PEK_K01, PEK_K02,	Oral presentations, written reports, individual projects.
F2	PEK_W01, PEK_W02, PEK_W03, PEK_K01, PEK_K02,	Test
P = 60%F1 + 40%F2		

### PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE

**PRIMARY LITERATURE:**

- [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.

**SECONDARY LITERATURE:**

- [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.

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

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



**MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECT AND  
EDUCATIONAL EFFECTS**

<b>Subject educational effect</b>	<b>Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable) **</b>	<b>Subject objectives***</b>	<b>Programme content***</b>	<b>Teaching tool number***</b>
PEK_W01 (knowledge)	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03	C1	Lec1	N1, N3
PEK_W02	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03	C2, C4	Lec2-Lec5, Lec7-Lec9	N1, N3
PEK_W03	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03	C3	Lec6	N1, N3
PEK_U01 (skills)	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03	C1-C4	Lab3-Lab13	N2, N3, N4
PEK_U02	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03	C2-C4	Lab1-Lab13	N2, N3, N4
PEK_U03	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03	C3, C4	Lab5-Lab10	N2, N3, N4
PEK_K01 (competences)	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02	C1- C4	Lec1-Lec10 Lab1-Lab13	N1, N2, N3, N4
PEK_K02	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02	C1- C4	Lec1-Lec10 Lab1-Lab13	N1, N2, N3, N4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above

FACULTY ...W8... / DEPARTMENT <i>Department of Computational Intelligence</i>					
<b>SUBJECT CARD</b>					
<b>Name in Polish: :</b>	<i>Maszynowe uczenie</i>				
<b>Name in English:</b>	<i>Machine learning</i>				
<b>Main field of study (if applicable):</b>	<b>APPLIED MATHEMATICS</b>				
<b>Specialization (if applicable):</b>	<b>Data Engineering</b>				
<b>Level and form of studies:</b>	<i>2nd level, full-time</i>				
<b>Kind of subject:</b>	<i>optional</i>				
<b>Subject code INT001338</b>					
<b>Group of courses</b>	<i>YES</i>				
	Lecture	Classes	Laboratory	Project	Seminar
Number of hours of organized classes in University (ZZU)	30		30		
Number of hours of total student workload (CNPS)	90		60		
Form of crediting	crediting with grade				
For group of courses mark (X) final course	X				
Number of ECTS points	3		2		
including number of ECTS points for practical (P) classes	2		2		
including number of ECTS points for direct teacher-student contact (BK) classes	1,5		1,5		

**PREREQUISITES RELATING TO KNOWLEDGE, SKILLS AND OTHER COMPETENCES**

1. Programming skills
2. Know the basics of logic

**SUBJECT OBJECTIVES**

- C1 Familiarize students with different approaches and tasks of inductive learning
- C2 Familiarize students with supervised and unsupervised learning
- C3 Ability to choose the method for a given task
- C4 Understanding the role of data quality in machine learning

**SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS**

relating to knowledge:

PEK\_W01 Student knows the methods of supervised learning

PEK\_W02 Student knows unsupervised learning methods

PEK\_W03 Student knows the role of data and how to prepare them for a given task of inductive learning

...

relating to skills:

PEK\_U01 Student knows how to select a method for a given task

PEK\_U02 Student is able to prepare data for inductive learning task

PEK\_U03 Student is able to properly analyze the results of inductive learning

...

relating to social competencies:

PEK\_K01 Student is able to analyze the results of induction learning together with others

**PROGRAMME CONTENT**

<b>Form of classes - lecture</b>		<b>Number of hours</b>
Lec 1	Introduction to the course. Basic concepts, types of machine learning, examples	2
Lec 2	Learning, Generalization, VC dimension	2
Lec 3	Supervised learning - Classification, Regression. Classification measures Learning using the Version Space	2
Lec 4	Classification - induction of a set of rules (ILA, AQ, and / or other algorithms)	2
Lec 5	Decision tree generation methods, inference in decision trees	2
Lec 6	Dimensional reduction methods	2
Lec 7	Neural networks	2
Lec 8	Overfitting, Regularization, Validation	2
Lec 9	SVM and kernel	2
Lec 10	Ensemble of Classifiers, Bagging and boosting	2
Lec 11	Multi-class classification and multi-label classification, example: image annotation	2
Lec 12	Unsupervised Learning - Clustering. Clustering Ensembles	2
Lec 13	Data mining process - an idea, tasks. Frequent Patterns. Exemplary methods, e.g.: A-Priori algorithm	2
Lec 14	Evolutionary computation in data mining tasks	2
Lec 15	Test	2
	Total hours	30

**Form of classes - laboratory****Number of hours**

Lab 1	Introductory classes, description of tasks, conditions of credit.	2
Lab 2	Get acquainted with selected environments: Weka, R, Python	2
Lab 3	Exercise 1: A comparison of selected classifiers	2
Lab 4	Continuation of Exercise 1	2
Lab 5	Presentation of Exercise 1 for evaluation	2
Lab 6	Exercise 2: Impact of attributes selection on classification quality - filter and wrapper approaches	2
Lab 7	Continuation of Exercise 2	2
Lab 8	Presentation of Exercise 2 for evaluation	2
Lab 9	Exercise 3: Ensemble of Classifiers - Selected Decision Making Techniques	2
Lab10	Continuation of Exercise 3	2
Lab11	Presentation of Exercise 3 for evaluation	2
Lab 12	Exercise 4: Generation of association rules, analysis of the method properties	2
Lab 13	Continuation of Exercise 4	2
Lab 14	Presentation of Exercise 4 for evaluation	2
Lab 15	Summarization of lectures	2
	Total hours	30

<b>TEACHING TOOLS USED</b>
N1. Knowledge presentations using the projector N2. Audiovisual media in the demos versions presentation N3. Searching and study of scientific literature in the WRUT Library

#### EVALUATION OF SUBJECT EDUCATIONAL EFFECTS ACHIEVEMENT

<b>Evaluation</b> (F – forming (during semester), P – concluding (at semester end))	Educational effect number	Way of evaluating educational effect achievement
F1	PEK_W01, PEK_W03,	test
F2	PEK_U01 – PEK_U03, PEK_K02	Rating for lab exercises
F3	PEK_W02, PEK_W03	test
F4	PEK_U04, PEK_K01	participation in the discussion of the exercises results
P1	PEK_W01-W03	test grade
P2	PEK_U01 – PEK_U03, PEK_K02	Final score of laboratory based on the sum of points scored for each exercise

**PRIMARY AND SECONDARY LITERATURE**

**PRIMARY LITERATURE:**

- [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

**SECONDARY LITERATURE:**

- [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

**SUBJECT SUPERVISOR (NAME AND SURNAME, E-MAIL ADDRESS)**

**Halina Kwaśnicka, halina.kwasnicka@pwr.edu.pl**

MATRIX OF CORRELATION BETWEEN EDUCATIONAL EFFECTS FOR  
SUBJECT  
**Machine learning**  
AND EDUCATIONAL EFFECTS

Subject educational effect	Correlation between subject educational effect and educational effects defined for main field of study and specialization (if applicable)**	Subject objectives***	Programme content***	Teaching tool number***
<b>PEK_W01</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03			N1 – N2
<b>PEK_W02</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03			N1 – N2
<b>PEK_W03</b>	K2MST_W12, K2MST_dat_W01, K2MST_dat_W02, K2MST_dat_W03			N1 – N2
<b>PEK_U01</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03			N4
<b>PEK_U02</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03			N4

<b>PEK_U03</b>	K2MST_U21, K2MST_U20, K2MST_U24, K2MST_U25, K2MST_dat_U01, K2MST_dat_U02, K2MST_dat_U03			N4
<b>PEK_K01</b>	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02			N4
<b>PEK_K02</b>	K2MST_K02, K2MST_K06, K2MST_dat_K01, K2MST_dat_K02			N1 – N4

\*\* - enter symbols for main-field-of-study/specialization educational effects

\*\*\* - from table above