



SD(M) pavadinimas	Course title
Matematinis modeliavimas ir neuroniniai tinklai	Mathematical Modelling and Neural Networks

SD(M) priklausomybė studijų pakopai

Course subjection to study level

Studijos: Studies:	B – Pirmosios pakopos First cycle
-----------------------	--------------------------------------

SD(M) priklausomybė studijų programai

Course subjection to programme

SD(M) priklausomybė studijų krypčių ir krypčių grupei

The list of study fields and groups of fields

SD(M) priklausomybė dalykų grupei *	1 – studijų dalyko Course	Studijų krypčių grupės kodas Code of the group of study fields	Studijų krypties kodas Code of the study field
SD(M) priklausomybė programos daliai **	B – Studijų krypties dalykų dalis Part of Study area Subjects		
Struktūrinė SD priklausomybė ***	K – katedros Department	A	A01

*) Grupė: *) 1 - studijų dalyko; 2 - praktikos; 3 - baigiamojo darbo ar projekto; 4 - baigiamojo egzamino; 5 - tiriamojo darbo; 6 - profesinio testavimo; 7 - kitas.

**) A - Bendrųjų universitetinių studijų; B - Studijų krypties; C - Specializacijos.

***) U - universiteto; F - fakulteto; K - katedros.

*) Group: *) 1 - Course; 2 - Practice; 3 - Final Work or Project; 4 - Final Examination; 5 - Research Work; 6 - Professional Testing; 7 - Other.

**) A - General; B - Field; C - Specialization.

***) U - University; F - Faculty; K - Department.

SD(M) kodas

Course number

Fakultetas	Katedra	Pakopa *	Modulio Nr.
Faculty	Department	Study cycle	Number
F M	M M	B	16606

SD(M) kreditai

Course volume in credits

Iš viso:	Iš jų: KD, KS, KP, PR
Total:	There out:
6	0

SD(M) Atsiskaitymo forma

Course assessment

I, E1, E2, E, BE, BD, TD, A	KD, KS, KP, PR
E	-

*) B - pirmoji pakopa; A - vientisosios studijos; M - antroji pakopa.

*) B - first cycle studies; A - integrated studies; M - second cycle studies.

SD(M) valandų paskirstymas pagal studijų formas ir būdus

Distribution of course hours by study forms and ways

Studijų forma Study form	Valandos Hours								Kontaktinių Contact
	Kodas Code	Studijų būdas * Study way	Paskaitoms Lectures	Lab. darbams Laboratory works	Pratyboms Practical works	Konsultacijoms Consultation	Sav. darbui Independent work	Iš viso Total	
Nuolatinės studijos Full-time studies	NL	S	30	15	15	4	96	160	64

*) Studijų būdas: S - semestrais; M - moduliais; C - ciklais; T - nuotolinis; NI - neakivaizdinis intensyvusis.

*) Study process forms: S - semesters; M - modules; C - periods; T - distance; NI - part-time.

SD(M) ANOTACIJA

Pagrindiniai matematinio modeliavimo metodai ir modeliavimo matematinis aparatas. Elementarieji pavyzdžiai, iliustruojantys matematinio modeliavimo galimybes. Viena pirmos eilės paprastąja diferencialine lygtimi aprašomi modeliai, pavyzdžiai. Antros eilės tiesinėmis ir netiesinėmis diferencialinėmis lygtimis aprašomi modeliai. Modeliai, aprašomi paprastųjų diferencialinių lygčių sistemomis. Įvadas į Dirbtinius Neuroninius Tinklus. Kelių sluoksnių tiesioginiai tinklai ir tinklai su grįžtamuju ryšiu. Konvoliuciniai tinklai. Gradientinio nusileidimo metodai.

Studentai numatyti tvarkaraštyje metu privalo dalyvauti ne mažiau kaip 50 proc. teorinių paskaitų, 60 proc. pratybų ir atlikti ne mažiau kaip 80 proc. laboratorinių darbų.

ANNOTATION OF COURSE

Basic methods of mathematical modelling and main mathematical techniques. Simple examples showing the wide range of applications. Models based on first order differential equations and systems of such equations. Systems of ODEs of the second order. Introduction into Artificial Neural Networks. Multi-layer feed-forward networks and networks with back-propagation. Convolution networks. Gradient descent methods.

Students must attend at least 60% of the time scheduled practical works, 80% of the time scheduled laboratory works and 50% of the lectures.

SD(M) TIKSLAS

Supažindinti studentus su pagrindiniais matematinio modeliavimo metodais. Pateikti pagrindines žinias apie dirbtinių neuroninių tinklų architektūrą ir realizavimo metodus.

AIM OF COURSE

To introduce to basic methods of mathematical modelling. Give basic information on the architecture of artificial neural networks and implementation of basic methods of ANN.

Studento pasiekimų vertinimo formulė

Egzamino pažymys apskaičiuojamas taip:

$$E = 0,2 \cdot TE + 0,1 \cdot KD + 0,2 \cdot LD + 0,5 \cdot E,$$

(20 proc.+10 proc.+ 20 proc. +50 proc.)

Assessments methods of students formula

The exam grade is calculated as follows:

$$E = 0,2 \cdot TE + 0,1 \cdot KD + 0,2 \cdot LD + 0,5 \cdot E,$$

(20 pct.+10 pct.+ 20 pct. +50 pct.)

Pagrindinė literatūra (ne daugiau kaip 5 šaltiniai):

Main references (not more than 5 references)

Eil. Nr. <i>No.</i>	Leidinio autoriai ir pavadinimas (elektroninių leidinių ir žiniatinklio adreso) <i>Authors and title (site address in case of e-publication)</i>
1.	C. Edwards, D. Penney. Differential equations, computing and modeling. Prentice Hall, 2008.
2.	R. Čiegis. Diferencialinių lygčių skaitiniai sprendimo metodai. Vilnius, Technika, 2003.
3.	A.W. Trask. Deep Learning. Manning, Shelter Island. 2019.
4.	E. Bender. An introduction to mathematical modeling. Courier Corporation, 2012.
5.	Mohamad Hassoun. Fundamentals of Artificial Neural Networks Cambridge, MA: MIT Press, 1995 ISBN: 9780262514675

*) Kortelės pildymo metu

*) *At the form filling moment*

Papildoma literatūra (ne daugiau kaip 10 šaltinių):

Additional references (not more than 10 references)

Eil. Nr. <i>No.</i>	Leidinio autoriai ir pavadinimas (elektroninių leidinių ir žiniatinklio adreso) <i>Authors and title (site address in case of e-publication)</i>
1.	A. Ambrazėvičius. Matematinis modeliavimas. www.mif.vu.lt/katedros/dlsm/darbuotojai/algam/mm/mmmpdf.pdf
2.	K. Tung. Topics in Mathematical Modeling. Princeton University Press, 2016.
3.	Seyed M. Moghadas, Majid Jaber-Douraki Mathematical Modelling: A Graduate Textbook 2019 John Wiley & Sons, Inc.
4.	Douglas D. Mooney, Randall J. Swift A Course in Mathematical Modeling MAA Press, American Mathematical Society, 1999
5.	D.J. Santry. Demystifying Deep Learning. An introduction to the mathematics of neural networks. Wiley, 2024.
6.	J. Larsen. Introduction to Artificial Neural Networks. Technical University of Denmark, 1999.

*) Kortelės pildymo metu

*) *At the form filling moment*

Savarankiško darbo turinys

Content of individual work

Užduoties pavadinimas <i>Assignment title</i>	Sav. darbo apimtis vienai užduočiai <i>Amount of hours of independent work for a single task</i>						Užduočių skaičius <i>Number of tasks</i>					Iš viso valandų <i>Total hours</i>					Įvertinimo dalis % <i>Part of Evaluation %</i>				
	Rekomenduojamos val. <i>Recommended hours</i>	Skirta val. <i>Separated hours</i>					NL (T)	NL (S)	NL (Sav.)	I(S)	I(T)	NL(T)	NL(S)	NL (Sav.)	I(S)	I(T)	NL(T)	NL(S)	NL (Sav.)	I(S)	I(T)
		NL(T)	NL(S)	NL (Sav.)	I(S)	I(T)															
Pasirengimas atsiskaitymui <i>Preparation for evaluation</i>	10-60		57					1					57								
Laboratorinis darbas <i>Laboratory work</i>	2-12		12					1					12					20			
Kolokviumas <i>Intermediate examination</i>	8-27		27					1					27					30			
Iš viso: <i>Total:</i>													96								

*) Papildomas laukas pildomas tik tada, kada taikomas SD(M) kortelėje nenurodytas studijų būdas: M - moduliai; C - ciklais; T - nuotolinis

*) *Must be used in case study way does not fall into standard category: M - modules; C - periods; T - distance*

Savarankiško darbo grafikas

Individual work schedule

Užduoties tipas <i>Task type</i>	Užduoties pateikimo(*) ir atsiskaitymo(+) savaitė <i>Week of Assignment setting (*) and assessment(+)</i>																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nuolatinės studijos (S) <i>Full-time studies</i>																				
Kolokviumas <i>Intermediate examination</i>	*				1															
Laboratorinis darbas <i>Laboratory work</i>	+		1				1													

Pratybų temų sąrašas

List of the Course exercise topics

Temos pavadinimas <i>Topic title</i>	Valandų skaičius <i>Number of hours</i>				
	NL(T)	NL(S)	NL(Sav.)	I(S)	I(T)
1. Viena paprastąja pirmos eilės diferencialine lygtimi aprašomų modelių sudarymas <i>Development of mathematical models based on ODEs of the first order.</i>		4			
2. Antros eilės diferencialinėmis lygtimis aprašomų modelių nagrinėjimas <i>Analysis of mathematical models based on ODEs of the second order</i>		4			
3. Kelių sluoksnių tiesioginiai tinklai. <i>Multi-layer feed-forward networks</i>		4			
4. Kelių sluoksnių tinklai su grįžtamu ryšiu. <i>Multi-layer networks with back-propagation.</i>		3			
Iš viso: <i>Total:</i>		15			

Laboratorinių darbų sąrašas

List of the Course laboratory work

Temos pavadinimas <i>Topic title</i>	Valandų skaičius <i>Number of hours</i>				
	NL(T)	NL(S)	NL(Sav.)	I(S)	I(T)
1. Viena paprastąja pirmos eilės diferencialine lygtimi aprašomų modelių sudarymas ir programinė realizacija. <i>Development of mathematical models based on ODEs of the first order.</i>		4			
2. Antros eilės diferencialinėmis lygtimis aprašomų modelių nagrinėjimas kompiuteriniais metodais. <i>Analysis of mathematical models based on ODEs of the second order</i>		4			
3. Kelių sluoksnių tiesioginiai tinklai. <i>Multi-layer feed-forward networks</i>		4			
4. Kelių sluoksnių tinklai su grįžtamu ryšiu. <i>Multi-layer networks with back-propagation.</i>		3			

Laboratorinių darbų sąrašas
List of the Course laboratory work

Temos pavadinimas <i>Topic title</i>	Valandų skaičius <i>Number of hours</i>				
	NL(T)	NL(S)	NL(Sav.)	I(S)	I(T)
Iš viso: <i>Total:</i>		15			

Paskaitų temų sąrašas
List of the Course lecture topics

Temos pavadinimas <i>Topic title</i>	Valandų skaičius <i>Number of hours</i>				
	NL(T)	NL(S)	NL(Sav.)	I(S)	I(T)
1. Bendroji matematinio modeliavimo schema. <i>A general scheme of mathematical modelling method.</i>		2			
2. Viena paprastąja pirmos eilės diferencialine lygtimi aprašomi reiškiniai: radioaktyvusis skilimas, šilumos mainai, skysčio ištekėjimas iš indo, šuolis su parašiotu, izoliuotųjų populiacijų dinamikos ir naviko augimo paprasčiausi modeliai. <i>Applied models described by the first order ODEs: radioactive decay, heat</i>		3			
3. Gręžimo lazeriu proceso modeliavimas. <i>Mathematical modeling of laser drilling process.</i>		3			
4. Modelių, aprašomų aukštesniųjų eilių tiesinėmis diferencialinėmis lygtimis, apžvalga. <i>A review of mathematical models, described by high order linear ODEs</i>		4			
5. Modelių, aprašomų paprastųjų diferencialinių lygčių sistemomis, apžvalga. <i>A review of models described systems of ODEs</i>		3			
6. Įvadas į dirbtinius neuroninius tinklus <i>Introduction into Artificial Neural Networks. Deep Learning.</i>		3			
7. Kelių sluoksnių tiesioginiai tinklai. Gradientinio nusileidimo metodas. <i>Multi-layer feed-forward networks. Gradient descent.</i>		3			
8. Kelių sluoksnių tinklai su grįžtamu ryšiu. Rekurentiniai tinklai. <i>Multi-layer networks with back-propagation. Recurrent networks.</i>		3			
9. Sustiprinimo mokymasis. Konvolciniai tinklai. <i>Reinforcement learning of ML. Convolution Neural networks.</i>		3			
10. Gradientinio nusileidimo metodai skirti DNT realizavimui. <i>Gradient descent methods for realization of feed-forward and back propagation networks.</i>		3			
Iš viso: <i>Total:</i>		30			

*) Papildomas laukas pildomas tik tada, kada taikomas SD(M) kortelėje nenurodytas studijų būdas: M - moduliais; C - ciklais; T - nuotoliniu

*) Must be used in case study way does not fall into standard category: M - modules; C - periods; T - distance

Fundamentinių mokslų fakulteto *Moderniųjų technologijų matematikos (612G12001) 2016-07-01* programos studijų rezultatų sąsajos su SDM rezultatais bei studijų ir studentų pasiekimų vertinimo metodais

Links of the Mathematics of Modern Technologies (612G12001) of the Faculty of Fundamental Sciences with the course unit and evaluation methods of students achievements

Programos studijų rezultatai <i>Study programme outcomes</i>	SD(M) rezultatai <i>Course results</i>	Studijų metodai <i>Methods of studies</i>	Studento pasiekimų vertinimo metodai <i>Evaluation methods of student achievements</i>	Studentų pasiekimų vertinimo kriterijai pagal lygmenis <i>Assessments criteria of students achievements by Assessment levels</i>
Z2. Galės transformuoti įgytas matematikos ir moderniųjų informacinių technologijų žinias, jas taikys analizuodami ir	Žinios svarbiausius teorinius matematinio modeliavimo pagrindus ir gebės juos pritaikyti sprendžiant įvairių technikos, fizikos ir	Teorinės paskaitos, pratybos, laboratoriniai užsiėmimai, literatūros studijos, savarankiškas darbas. Theoretical lectures, exercises,	Kontroliniai ir namų darbai, laboratoriniai darbai, tarpinis egzaminas, egzaminas. Home works, laboratory	Slenkstinis (5-6): studentas žino pagrindines dalyko sąvokas ir moka jomis naudotis sprendžiamas

modeliuodami įvairius procesus, gebės nustatyti naujus ryšius. Z2. Will be able to transform the acquired knowledge of mathematics and modern information technologies, apply it by analyzing and modeling various processes, and will be able to identify new relationships.	šiuolaikinių virtualių technologijų uždavinius. Will have a basic theoretical training required to apply this methodology to solve applied problems in various fields of traditional and digital technologies.	laboratory works, study of literature, independent work.	works, intermediate exam, final exam.	paprasciausias užduotis. Tipinis (7-8): studentas žino pagrindines sąvokas, gali jas paaiškinti ir teorinius faktus geba tinkamai taikyti atlikdamas praktinių ir teorinių užduočių analizę, skaičiavimams taiko kompiuterines programas. Puikusias (9-10): studentas yra ne tik pasiekęs tipinį lygmenį, bet įgytas žinias geba taikyti naujose situacijose. Threshold (5-6): The student knows all basic concepts of the subject and is able to apply them solving simple problems. Typical (7-8): The student knows the basic concepts, is able to explain them and to apply theoretical facts correctly analyzing practical and theoretical problems, applies computer programs for calculations. Excellent (9-10): The student not only reached the typical level, but he/she is able to apply the acquired knowledge in new situations.
GT2. Gebės surinkti duomenis ir juos analizuoti, taikys įvairių jų peržiūros algoritmus, siūlys naujus technologinius sprendimus, kurs naujus matematinius modelius ir tobulins jau sukurtus. GT2. Will be able to collect and analyze data, apply their various review algorithms, offer new technological solutions, develop new mathematical models and improve the existing ones.	GT2. Galės apdoroti didelius kiekius duomenų, parinkti tinkamus matematinius modelius, surasti modelių parametrus, geriausiai aprašančius turimus duomenis, modeliavimo pagrindu teikti prognozes ir rekomendacijas. Will be able to analyse big data cases, to select most fitted mathematical models, to compute optimal parameters of these models. Will be ready to predict the behaviour of complicated systems described	Teorinės paskaitos, pratybos, laboratoriniai užsiėmimai, literatūros studijos, savarankiškas darbas. Theoretical lectures, exercises, laboratory works, study of literature, independent work.	Kontroliniai ir namų darbai, laboratoriniai darbai, tarpinis egzaminas, egzaminas. Home works, laboratory works, intermediate exam, final exam.	Slenkstinis (5-6): studentas žino pagrindines dalyko sąvokas ir moka jomis naudotis sprendžiamas paprasčiausias užduotis. Tipinis (7-8): studentas žino pagrindines sąvokas, gali jas paaiškinti ir teorinius faktus geba tinkamai taikyti atlikdamas praktinių ir teorinių užduočių analizę, skaičiavimams taiko kompiuterines

	by the given data and to make recommendations following from the results of simulations.			programas. Puikusias (9-10): studentas yra ne tik pasiekęs tipinį lygmenį, bet įgytas žinias geba taikyti naujose situacijose. Threshold (5-6): The student knows all basic concepts of the subject and is able to apply them solving simple problems. Typical (7-8): The student knows the basic concepts, is able to explain them and to apply theoretical facts correctly analyzing practical and theoretical problems, applies computer programs for calculations. Excellent (9-10): The student not only reached the typical level, but he/she is able to apply the acquired knowledge in new situations.
SG1. Gebės operuoti abstrakčiomis sąvokomis, matematiškai mąstyti, patikėtas užduotis aprašyti matematine kalba (matematinėmis formulėmis), taikyti arba(ir) kurti analizei skirtas kompiuterines programas. SG1. Will be able to operate abstract concepts, think mathematically, describe tasks in a mathematical way (using mathematical formulas), and will be able to create computer programs designed for analysis.	Gebės sudaryti matematinius modelius įvairiose taikymų srityse. Will be able to develop new or to make modifications of the existing mathematical models for different applications.	Teorinės paskaitos, pratybos, laboratoriniai užsiėmimai, literatūros studijos, savarankiškas darbas. Theoretical lectures, exercises, laboratory works, study of literature, independent work.	Kontroliniai ir namų darbai, laboratoriniai darbai, tarpinis egzaminas, egzaminas. Home works, laboratory works, intermediate exam, final exam.	Slenkstinis (5-6): studentas žino pagrindines dalyko sąvokas ir moka jomis naudotis sprendžiamas paprasčiausias užduotis. Tipinis (7-8): studentas žino pagrindines sąvokas, gali jas paaiškinti ir teorinius faktus geba tinkamai taikyti atlikdamas praktinių ir teorinių užduočių analizę, skaičiavimams taiko kompiuterines programas. Puikusias (9-10): studentas yra ne tik pasiekęs tipinį lygmenį, bet įgytas žinias geba taikyti naujose situacijose. Threshold (5-6): The student knows all basic concepts of the

				subject and is able to apply them solving simple problems. Typical (7-8): The student knows the basic concepts, is able to explain them and to apply theoretical facts correctly analyzing practical and theoretical problems, applies computer programs for calculations. Excellent (9-10): The student not only reached the typical level, but he/she is able to apply the acquired knowledge in new situations.
--	--	--	--	---

SD(M) sudarytojas (-ai) (parašas, vardas ir pavardė)

Course compiled by (full name, signature)

Raimondas Čiegis

Katedros vedėjas (parašas, vardas ir pavardė)

Head of Department (full name, signature)

Raimondas Čiegis

SD(M) atestuojamas

The Course is certified

SD(M), skirtas studijų programai:

The Course for the programme of studies:

Moderniųjų technologijų matematika

Mathematics of Modern Technologies

SD(M) atestacija galioja:

Course certification is valid:

nuo

from

iki

till

SD(M) atestavo

the Course certified by

Fundamentinių mokslų fakulteto studijų komitetas

Faculty of Fundamental Sciences Study Committee

Fakulteto studijų komiteto pirmininkas (vardas ir pavardė, parašas)

Chairman of the Studies committee (full name, signature)

Data

Date