



SD(M) pavadinimas	Course title
Biologinių sistemų matematinis modeliavimas	Mathematical Modeling of Biological Systems

SD(M) priklausomybė studijų pakopai

Course subjection to study level

Studijos: Studies:	M - Antrosios pakopos Second 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 * Course subjection to group	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 ** Course subjection to part of the programme	B – Studijų krypties dalykų dalis Part of Study area Subjects		
Struktūrinė SD priklausomybė *** Course structural subjection	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 Faculty	Katedra Department	Pakopa * Study cycle	Modulio Nr. Number
F	M	M	23201

SD(M) kreditai

Course volume in credits

Iš viso: Total:	Iš jų: KD, KS, KP, PR 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	0	0	115	160	45

*) 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

Biologinių sistemų matematinio modeliavimo teorija ir praktika. Modelių pavyzdžiai. Eksperimentinių duomenų analizė, modelio parinkimas ir nežinomų modelio parametrų suradimas. Modelių sudarymas pagal žodines sąlygas. Grafinis duomenų vaizdavimas ir pateikimas. Duomenų tvarkymas automatizuotais analizės scenarijais.

ANNOTATION OF COURSE

Theory and practice in mathematical modeling of biological systems. Modeling examples. Analysis of experimental data, determination of model and data fitting based on the model. Data plotting and graphical representation of data. Data management and analysis by the use of automated scripts.

SD(M) TIKSLAS

Suteikti žinių, būtinų biologinių sistemų supratimui ir modeliavimui.

AIM OF COURSE

Provide knowledge for understanding and modeling of biological systems.

Studento pasiekimų vertinimo formulė

$$G\bar{I} = 0,2 \times KL + 0,2 \times (ND1 + ND2 + ND3) + 0,2 \times (LD1 + LD2 + LD3 + LD4 + LD5) + 0,4 \times GA$$

G $\bar{I}$ - galutinis įvertinimas;

KL - kolokviumas;

ND - namų darbas;

LD - laboratorinis darbas;

GA - galutinis atsiskaitymas (egzaminas)

Assessments methods of students formula

$$FM = 0.2 \times CL + 0.2 \times (HW1 + HW2 + HW3) + 0.2 \times (LW1 + LW2 + LW3 + LW4 + LW5) + 0.4 \times FA$$

FM - final mark;

CL - colloquium (intermediate examination);

HW - home work;

LW - laboratory work;

FA - final assignment (exam).

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.	Alberty RA. Enzyme Kinetics. Rapid-equilibrium Applications of Mathematica. Methods of Biochemical Analysis, Wiley; 2011.
2.	Hadeler KP, Mackey MC, Stevens A. Topics in Mathematical Biology. Springer; 2017.
3.	Feng Z, DeAngelis D. Mathematical Models of Plant-Herbivore Interactions. CRC Press; 2017
4.	Ledzewicz U, Schättler H, Friedman A, Kashdan E. Mathematical Methods and Models in Biomedicine. Springer; 2012.
5.	Upadhyay RK, Iyengar SR. Spatial Dynamics and Pattern Formation in Biological Populations. CRC Press; 2021.

*) 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.	Kuang Y, Nagy JD, Eikenberry SE. Introduction to Mathematical Oncology. CRC Press; 2018.
2.	Murray JD. Mathematical Biology: I. An Introduction, Third Edition. Springer; 2002.
3.	Murray JD. Mathematical Biology II: Spatial Models and Biomedical Applications, Third Edition. Springer; 2003.
4.	Wall ME. Quantitative Biology: from Molecular to Cellular Systems. CRC Press; 2012.

*) Kortelės pildymo metu

*) *At the form filling moment*

Reikalingi IT resursai * (nurodyti 1-3 alternatyvas, pageidautina, kad bent 1 būtų nemokama)

Required IT Resources

Eil. Nr. <i>No.</i>	Programinės įrangos pavadinimas, gamintojas <i>Name of the software, manufacturer</i>	Licencijos tipas (pagal įsigijimo būdą) <i>License type</i>
1	Matlab	Mokama, akademinė Paid, academic
2	Python	Nemokama Unpaid

*) Pildoma, jei tokie resursai reikalingi. Stulpelyje Licencijos tipas pasirenkamas iš sąrašo:
Mokama, akademinė
Mokama, komercinė
Nemokama
*) Should be completed if such reassures are needed. License type - select from the list:
Paid, academic
Paid, commercial

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>								
	Rekomen- duojamos val. <i>Recom- mended hours</i>	Skirta val. Separated hours					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)																		
Kolokviumas Intermediate examination	8-27		15					1					15						20					
Namų darbas Home work	4-27		15					3					45						20					
Laboratorinis darbas Laboratory work	2-12		6					5					30						20					
Pasirengimas atsiskaitymui Preparation for evaluation	10-60		25					1					25											
Iš viso: <i>Total:</i>													115											

*) 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															
Namų darbas <i>Home work</i>	*	1			2			3		1										
Laboratorinis darbas <i>Laboratory work</i>	*	1	2	3	4	5														
	+		1	2	3	4	5													

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. Kelių konkuruojančių populiacijų modeliavimas diskrečiuoju logistiniu modeliu. <i>Simulation of populations competition with discrete logistic model.</i>		3			
2. Populiacijų sąveikos modeliavimas diferencialinėmis lygtimis. <i>Simulation of population interactions using ordinary differential equations.</i>		3			
3. Reakcijos difuzijos sistemų modeliavimas <i>Modeling of reaction-diffusion systems.</i>		3			
4. Duomenų analizė pagal modelį. <i>Data fitting</i>		3			
5. Fermentinių reakcijų kinetikos modeliavimas. <i>Simulation of enzyme kinetics.</i>		3			
Iš viso: <i>Total:</i>		15			

Paskaitų temų sąrašas
List of the Course lecture topics

Temos pavadinimas <i>Topic title</i>	Vandens skaičius <i>Number of hours</i>				
	NL(T)	NL(S)	NL(Sav.)	I(S)	I(T)
1. Modulio programa, naudojama literatūra, egzaminas. Įvadas. <i>Program of course, literature, exam procedure. Introduction</i>		2			
2. Diskretieji biologiniai modeliai ir jų modeliavimo algoritmai. <i>Discrete biological models and modeling algorithms.</i>		3			
3. Biologiniai modeliai paprastųjų diferencialinių lygčių pagrindu. <i>Ordinary differential equations based biological models.</i>		4			
4. Skaitiniai diferencialinių lygčių modeliavimo metodai <i>Numerical solutions of ordinary differential equations.</i>		4			
5. Biologiniai modeliai diferencialinių lygčių su dalinėmis išvestinėmis <i>Partial differential equation based biological models.</i>		4			
6. Eksperimentinių duomenų parametru radimas modelio pagrindu. <i>Experimental data fitting.</i>		5			
7. Monte Carlo metodas biologinėms sistemoms modeliuoti. <i>Application of Monte Carlo method in biology.</i>		4			
8. Fermentinių reakcijų kinetikos modeliavimai. <i>Modeling of simple enzyme kinetics</i>		4			
Iš viso: <i>Total:</i>		30			

*) 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

Fundamentinių mokslų fakulteto Bioinžinerijos (6211FX017) 2017-07-01 programos studijų rezultatų sąsajos su SDM rezultatais bei studijų ir studentų pasiekimų vertinimo metodais

Links of the Bioengineering (6211FX017) 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>
TA2. Geba panaudoti savo žinias ir supratimą modeliams, sistemoms ir procesams konceptualizuoti ir pritaikyti įvairius metodus, įskaitant matematinę analizę, skaičiuojamąjį modeliavimą arba eksperimentus. TA2. Students are able to use the acquired knowledge and understanding to conceptualize the models, systems, and processes, and to use different methods including the mathematical analysis, numerical simulation, or the experiments.	Sugeba sudaryti biologinę sistemą aprašantį matematinį modelį ir panaudoti jį sistemos prognozavimui. Student is able to describe biological system using mathematical equations, simulate it and make conclusions.	Paskaitos, laboratoriniai darbai, namų darbas, savarankiškas darbas, konsultacijos. Lectures, Exercises, Individual study of literature, Consultations	Egzaminas, namų darbai. Examination, individual study.	Slenkstinis (5-6): Studentas gali simuliuoti biologinę sistemą, jei yra duotos lygtys. Tipinis (7-8): Studentas gali sudaryti lygtis ir simuliuoti biologinę sistemą. Puikus (9-10): Studentas sugeba išvesti lygtis komplikotoms sistemoms, jas simuliuoti, padaryti išvadas. Threshold (5-6) Student is able to simulate biological system if equations are provided. Typical (7-8) Student is able to derive equations for biological system in simple cases and simulate it. Excellent (9-10) Student is able to derive equations for complex

				biological system, simulate it and draw conclusions.
T2. Geba planuoti ir atlikti analitinius, modeliavimo ir eksperimentinius tyrimus. T2. Students are able to plan and perform the analytical, modelling, and experimental research.	Supras biologinių sistemų matematinį modeliavimo principus, įvairių biologinių sistemų bei procesų schemų sudarymą, atitinkamų lygčių sprendimą bei modelių derinimą su eksperimentiniais duomenimis. Understanding of the principles of mathematical modeling of biological systems, schematic presentation of various biological systems, solving the respective equations, fitting of the models to experimental data.	Paskaitos, laboratoriniai darbai, namų darbas, savarankiškas darbas, konsultacijos. Lectures, Exercises, Individual study of literature, Consultations	Egzaminas, namų darbai. Examination, individual study.	Slenkstinis (5-6): Studentas gali analizuoti eksperimentinius duomenis remdamasis modeliu. Tipinis (7-8): Studentas gali analizuoti eksperimentinius duomenis remdamasis modeliu bei identifikuoti modelio trūkumus Puikus (9-10): Studentas gali analizuoti eksperimentinius duomenis remdamasis modeliu, identifikuoti modelio trūkumus bei pataisyti modelį ar parinkti tinkamesnį Threshold (5-6) Student is able to analyse experimental data when models are provided. Typical (7-8) Student is able to analyse experimental data and identify discrepancies in models. Excellent (9-10) Student is able to analyse experimental data, identify discrepancies in models, correct then or select a better suited model.
T3. Geba kritiškai įvertinti duomenis ir pateikti išvadą. T3. Students are able to critically analyse the data and to give the conclusions.	Gebėjimas matematinius modelius panaudoti biologinių vyksmų bei sistemų analizei. Gebėjimas sudaryti biologinių vyksmų bei sistemų schemas, spręsti iš schemų išplaukiančias lytis bei lyginti sprendinius su eksperimentiniais duomenimis. Will comprehend mathematical	Paskaitos, laboratoriniai darbai, namų darbas, savarankiškas darbas, konsultacijos. Lectures, Exercises, Individual study of literature, Consultations	Egzaminas, namų darbai. Examination, individual study.	Slenkstinis (5-6): Studentas gali padaryti bazines išvadas apie modelio tinkamumą. Tipinis (7-8): Studentas gali įvertinti modelio tinkamumą sistemai, identifikuoti jo trūkumus. Puikus (9-10): Studentas gali įvertinti

	modeling of biological systems, creation of process schema. Will be able to model biological system and fit experimental data, appropriately present results.			modelio tinkamumą sistemai, identifikuoti jo trūkumus, sukurti modelį remdamasis bendrais principais. Threshold (5-6) Student is able to make basic conclusions about suitability of model. Typical (7-8) Student is able to make basic conclusions about suitability of model and identify discrepancies in a model. Excellent (9-10) Student is able to make basic conclusions about suitability of model and identify discrepancies in a model. Student is able to make assumptions and derive model from basic principles.
--	---	--	--	--

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 <i>The Course is certified</i>			
SD(M), skirtas studijų programai: <i>The Course for the programme of studies:</i>	Bioinžinerija		
SD(M) atestacija galioja: <i>Course certification is valid:</i>	nuo <i>from</i>		iki <i>till</i>

SD(M) atestavo <i>the Course certified by</i>	Fundamentinių mokslų fakulteto studijų komitetas		
Fakulteto studijų komiteto pirmininkas (vardas ir pavardė, parašas) <i>Chairman of the Studies committee (full name, signature)</i>		Data <i>Date</i>	