

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS**  
**STUDIJŲ MODULIO KORTELĖ**  
**Matematinio modeliavimo katedra**

**A dalis**

Modulio pavadinimas

Modulio pavadinimas (anglų kalba)

**Lygiagrečiai ir paskirstytieji skaičiavimai: algoritmai ir jų sudėtingumo analizė**

**Parallel and distributed computing: algorithms and their analysis**

<b>Modulio grupė</b>	<b>Studijų dalyko</b>
<b>Modulio blokas</b>	<b>Mokslų krypties doktorantūros komiteto nustatyti dalykai</b>
<b>Priklausomybė</b>	<b>Katedros</b>

<b>Mokslų krypties ir srities kodas</b>	<b>Studijos</b>	
<b>N 009</b>	<b>N 000</b>	<b>Doktorantūros</b>

**Modulio kodas**

**Kreditai**

**Atsiskaitymo forma**

Fakultetas	Katedra	B, A, M, I, D	Modulio Nr.*
F	M	M	D
18001			

Iš viso:	Iš jų: KD, KS, KP
9	0

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

\* modulio registracijos numeris katedroje

<b>Studijų forma</b>	<b>Paskaitoms</b>	<b>Lab. darbams</b>	<b>Pratyboms</b>	<b>Aud. darbui</b>	<b>Sav. darbui</b>	<b>Iš viso</b>
Nuolatinės studijos	F	45	45	0	90	150
Iššęstinės studijos	I					

**Modulio tikslas**

Įvaldyti modernius lygiagrečiųjų ir paskirstytųjų skaičiavimų algoritmų sudarymo ir analizės metodus.

**Modulio tikslas (anglų kalba)**

This subject aims to provide the knowledge of modern methods for the design and analysis of parallel and distributed computing algorithms.

**Suteikiamos žinios ir gebėjimai**

Suteikiamos žinios apie modernius lygiagrečiųjų ir paskirstytųjų skaičiavimų algoritmų sudarymo ir analizės metodus.

**Suteikiamos žinios ir gebėjimai (anglų kalba)**

The course provides knowledge of modern of modern methods for the design and analysis of parallel and distributed computing algorithms. It develops the skills in application of these algorithms for solving various scientific problems.

**Modulio anotacija**

Lygiagrečiųjų kompiuterių architektūra. Lygiagrečiųjų algoritmų sudėtingumo teorija. Lygiagrečiųjų algoritmų sudarymo ir jų analizės metodai. Paskirstytos ir bendros atminties programavimo modeliai. OpenMP. MPI. GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units) koncepcijos. CUDA ir OpenCL programavimo modeliai. Lygiagrečiai tiesinės algebros uždavinių sprendimo algoritmai: matricių daugyba, matricos transponavimas. Lygiagrečiai rūšiavimo algoritmai. Lygiagrečiai grafų teorijos uždavinių algoritmai.

**Modulio anotacija (anglų kalba)**

Parallel computer architectures. Complexity theory of parallel algorithms. Design and analysis of parallel algorithms. Distributed and shared memory programming models. OpenMP. MPI. General-purpose computing on graphics processing units (GPGPU). CUDA and OpenCL programming models. Parallel algorithms for linear algebra problems: matrix multiplication, matrix transpose. Parallel sorting algorithms. Parallel algorithms for graph theory problems.

**Literatūra (autorius, leidinio pavadinimas, leidykla, metai)**

1. R. Čiegis. Lygiagrečiai algoritmai ir tinklinės technologijos. Technika, 2005
2. V.Kumar, A.Grama, A.Gupta, G.Karypis. Introduction to Parallel Computing: Design and Analysis of Algorithms. The Benjamin/Cummings Publishing Company, 2003.
3. G. Hager, G. Wellein. Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers. CRC Press, 2011
4. Bertil Schmidt, Jorge Gonzalez-Domangu, Christian Hundt, Moritz Schlarb. Parallel Programming. Concepts and Practice. Elsevier, 2018.
5. J. J. Dongarra, I. Foster, G. C. Fox, W. Gropp, K. Kennedy, L. Torczon, A. White. Source Book of Parallel Computing. Morgan Kaufmann, 2003.
6. V. Eijkhout. Introduction to High Performance Scientific Computing. lulu.com, 2015.
7. D. Storti, M. Yurtoglu. CUDA for Engineers: An Introduction to High-Performance Parallel Computing. Addison-Wesley Professional, 1st Edition, 2015.

**IT resursai:**

**Savarankiško darbo turinys**

Užduoties pavadinimas	Sav. darbo apimtis vienai užduočiai				Užduočių skaičius				Iš viso valandų				
	Rėžis	Priimta				NL(S)	I(S)	I(T)	NL(T)	NL(S)	I(S)	I(T)	NL(T)
		NL(S)	I(S)	I(T)	NL(T)								
Namų darbas	4-27	24				3				72			
Referatas	8-27	27				1				27			
Baigiamasis egzaminas	26-80	51				1				51			

**Savarankiško darbo grafikas**

Užduoties tipas	Užduoties pateikimo(*) ir atsiskaitymo(+) savaitė																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<b>Nuolatinės studijos</b>																				
Namų darbas	*	1				2					3									
	+				1					2					3					
Referatas	*	1																		
	+														1					

**Įvertinimo sandara**

Nuolatinės studijos:

$$P = 0,4 \times E + 0,15 \times (\text{Ref.} + \text{ND1} + \text{ND2} + \text{ND3})$$

$$G = 0,4 \times E + 0,15 \times (\text{Ref.} + \text{HW1} + \text{HW2} + \text{HW3})$$

P - galutinis pažymys;

E - egzaminas;

ND1 - pirmas namų darbas;

ND2 - antras namų darbas;

ND3 - trečias namų darbas;

Ref - referatas.

G - final grade;

E - final examination;

HW1 - first homework;

HW2 - second homework;

HW3 - third homework;

Ref - literature review.

**Modulio sudarytojai** (vardas, pavardė):

Raimondas Čiegis  
Vadimas Starikovičius

**Modulio egzaminuotojai** (vardas, pavardė):

Rimantas Barauskas  
Raimondas Čiegis  
Vadimas Starikovičius

**Katedros vedėjas** (vardas, pavardė):

Raimondas Čiegis

**Doktorantūros komisijos nutarimas**

1. Modulio <b>atestuojamas</b>			
2. Modulio skirtas mokslo kryptis:	<b>Informatika</b>		
3. Modulio atestacija galioja: nuo	2023-12-06	iki	2028-12-06

**Modulį atestavo**

**Mokslo krypties doktorantūros komisijos pirmininkas** (vardas, pavardė)

Data

**VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS**  
**STUDIJŲ MODULIO DARBO PROGRAMA**  
**Matematinio modeliavimo katedra**

**B dalis**

Modulio pavadinimas

Modulio pavadinimas (anglų kalba)

**Lygiagrečiai ir paskirstytieji skaičiavimai: algoritmai ir jų sudėtingumo analizė**

**Parallel and distributed computing: algorithms and their analysis**

**Modulio kodas**

**Kreditai**

**Atsiskaitymo forma**

Fakultetas	Katedra	B, A, M, I, D	Modulio Nr.*
F	M	M	D
			18001

Iš viso:	Iš jų: KD, KS, KP
9	0

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

\* modulio registracijos numeris katedroje

Studijų forma	Paskaitoms	Lab. darbams	Pratyboms	Aud. darbui	Sav. darbui	Iš viso
Nuolatinės studijos	F	45	45	0	90	150
Iššęstinės studijos	I					240

**Paskaitų temų sąrašas**

**List of the Course lecture topics**

Temos (darbo) pavadinimas	Valandų skaičius			
	NL(S)	I(S)	I(T)	NL(T)
1. Lygiagrečiųjų kompiuterių ir paskirstytų sistemų architektūra. Pagrindinės klasifikacijos. Pagrindiniai tinklų tipai ir jų savybės. 1. Architectures of parallel and distributed computing systems. Main types and classifications, taxonomy. Main processor networks and their characteristics.	4			
2. Lygiagrečiųjų algoritmų sudėtingumo teorija. Spartinimo ir efektyvumo koeficientai. Amdahlo dėsniai. 2. Complexity theory of parallel algorithms. Speedup and efficiency coefficients. Amdahl's laws.	4			
3. Lygiagrečiojo algoritmo išplečiamumas. Izoefektyvumo funkcija. Optimalių sąnaudų lygiagretusis algoritmas. Algoritmo lygiagretumo laipsnis. 3. Scalability of parallel algorithms. Isoefficiency function. Cost-optimal parallel algorithms. The degree of parallelism of the algorithm.	4			
4. Pagrindiniai lygiagrečiųjų algoritmų sudarymo būdai. Duomenų lygiagretumas. Funkcinis lygiagretumas. Srities skaidymo, šeimininkas-darbininkai algoritmai. 4. Main principles of design of parallel algorithms. Decomposition and mapping techniques. Data-parallel, domain decomposition, work-pool, master-slave algorithms.	6			
5. Bendrosios atminties lygiagretaus programavimo modelis. Gijų programavimo pagrindiniai principai ir bibliotekos. OpenMP programavimo standartas. 5. Shared memory parallel programming model. Threads programming: main principles, constructs, and main libraries. OpenMP: main principles and constructs.	6			
6. Paskirstytosios atminties lygiagretaus programavimo modelis. MPI programavimo biblioteka. Pagrindiniai principai ir funkcijos. 6. Distributed memory parallel programming model. Main principles, constructs, and functions of MPI (Message passing Interface).	6			
7. Grafinių procesorių panaudojimas bendros paskirties skaičiavimuose. GPGPU koncepcijos. GPU architektūros. SIMT. Atminties hierarchija. CUDA platforma. CUDA programavimo modelis. 7. Main concepts of GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units. GPU architectures. SIMT. Memory hierarchy. CUDA platform. CUDA programming model: main concepts and constructs.	6			
8. Lygiagretieji tiesinės algebros uždavinių sprendimo algoritmai: matricių daugyba, matricos transponavimas. Lygiagrečiųjų algoritmų sudėtingumo ir išplečiamumo analizė. 8. Parallel algorithms for linear algebra problems: matrix multiplication, matrix transpose. Analysis of complexity and scalability of parallel algorithms.	4			
9. Lygiagretieji rūšiavimo algoritmai. Lygiagretieji grafų teorijos uždavinių algoritmai. Lygiagrečiųjų algoritmų sudėtingumo ir išplečiamumo analizė. 9. Parallel sorting algorithms. Parallel algorithms for graph theory problems. Analysis of complexity and scalability of parallel algorithms.	5			
<b>Iš viso:</b>	<b>45</b>			

**Laboratorinių darbų sąrašas**

**List of the Course laboratory work**

Temos (darbo) pavadinimas	Valandų skaičius			
	NL(S)	I(S)	I(T)	NL(T)
1. Eksperimentinis lygiagrečiojo spartinimo ir efektyvumo tyrimas bendrosios atminties architektūroje. 1. Experimental study of the parallel speedup and efficiency on shared memory parallel architecture.	6			
2. Eksperimentinis lygiagrečiojo spartinimo ir efektyvumo tyrimas paskirstytos atminties architektūroje. 2. Experimental study of parallel speed up and efficiency on distributed memory parallel architecture.	6			
3. Eksperimentinis lygiagrečiojo spartinimo ir efektyvumo tyrimas GPU architektūroje. 3. Experimental study of parallel efficiency on GPU architecture.	6			
<b>Iš viso:</b>	<b>18</b>			

**Modulio sudarytojai** (vardas, pavardė):

Raimondas Čiegis  
Vadimas Starikovičius

**Modulio egzaminuotojai** (vardas, pavardė):

Rimantas Barauskas  
Raimondas Čiegis  
Vadimas Starikovičius

**Katedros vedėjas** (vardas, pavardė):

Raimondas Čiegis