

Київський університет імені Бориса Грінченка
Факультет інформаційних технологій та управління
Кафедра комп'ютерних наук і математики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-методичної та
навчальної роботи

Жильцов О.Б.

2019 р.



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПАРАЛЕЛЬНІ І РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ**

для студентів

спеціальності: 122 Комп'ютерні науки

освітнього рівня: першого (бакалаврського)

Київ – 2019

КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ БОРИСА ГРІНЧЕНКА Ідентифікаційний код 02136554	
Начальник відділу моніторингу якості освіти	
Програма № <u>2094/19</u>	
<u>Жильцов</u> (підпис)	<u>Жильцов</u> (прізвище, ініціали)
« <u> </u> »	20 <u>19</u> р.

Розробник:

Литвин Оксана Степанівна, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри комп'ютерних наук і математики

Викладач:

Литвин Оксана Степанівна, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри комп'ютерних наук і математики

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук і математики. Протокол від 16.01.2019 р. № 1

Завідувач кафедри  Литвин О.С.
(підпис)

Робочу програму погоджено з гарантом освітньої програми (керівником освітньої програми) 122.00.01 Інформатика

___ . ___ . 20__ р.

Керівник освітньої програми  Масенко Ю.В.
(підпис)

Робочу програму перевірено

___ . ___ . 20__ р.

Заступник директора/декана 
(підпис)

Пролонговано:

на 20__ /20__ н.р. _____ (підпис) (ПІБ), «___» ___ 20__ р., протокол № ___

на 20__ /20__ н.р. _____ (підпис) (ПІБ), «___» ___ 20__ р., протокол № ___

на 20__ /20__ н.р. _____ (підпис) (ПІБ), «___» ___ 20__ р., протокол № ___

на 20__ /20__ н.р. _____ (підпис) (ПІБ), «___» ___ 20__ р., протокол № ___

Розробник:

Литвин Оксана Степанівна, кандидат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри комп'ютерних наук і математики

Викладач:

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
Вид дисципліни	<i>обов'язкова</i>	
Мова викладання, навчання та оцінювання	<i>українська</i>	
Загальний обсяг кредитів / годин	4/120	
Курс	2	
Семестр	4	
Кількість змістових модулів з розподілом:	3	
Обсяг кредитів	4	
Обсяг годин, в тому числі:	120	
Аудиторні	56	
Модульний контроль	8	
Семестровий контроль	---	
Самостійна робота	56	
Форма семестрового контролю	залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Робоча навчальна програма з курсу «Паралельні і розподілені обчислення» є нормативним документом Київського університету імені Бориса Грінченка, який розроблено кафедрою комп'ютерних наук і математики на основі освітньо-професійної програми підготовки здобувачів першого (бакалаврського) рівня відповідно до навчального плану спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Робочу навчальну програму укладено згідно з вимогами Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи (ЄКТС) організації навчання.

Програма визначає обсяги знань, якими повинен опанувати здобувач першого (бакалаврського) рівня в процесі вивчення навчального матеріалу дисципліни та необхідне методичне забезпечення, складові і технологію оцінювання навчальних досягнень студентів.

Навчальна дисципліна «Паралельні і розподілені обчислення» складається з трьох змістових модулів: Паралельні та розподілені обчислювальні системи; Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування; Паралельні методи розв'язування прикладних задач.

Мета викладання дисципліни: засвоєння основних методів та алгоритмів організації паралельних та розподілених обчислень, базових принципів побудови мультипроцесорних та мультикомп'ютерних систем, набуття початкових практичних навиків проектування апаратно-програмних засобів для розв'язання прикладних задач.

Завдання полягає у набутті студентами наступних загальних та фахових **компетентностей:**

- відкритість до нових знань, ідей і технологій; здатність продукувати нестандартні ідеї, підходи, відхилятися від традиційних схем рішення проблем;
- здатність здобувати нові знання, уміння та інтегрувати їх з уже наявними; відкритість до застосування знань у широкому діапазоні можливих місць роботи, у повсякденному житті, а також для вирішення нестандартних задач;
- здатність формулювати технічне завдання, розробляти план його виконання, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, представляти результати роботи й обґрунтовувати запропоновані рішення на сучасному науково-технічному й професійному рівні;
- здатність до побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення та аналізу алгоритмів, зокрема, паралельних, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем;

- здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування;
- здатність до організації, налаштування та адміністрування комп'ютерних мереж різних топологій, використання мережевого програмного забезпечення;
- здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі паралельних і розподілених обчислень при розробці та експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації;
- здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, сховища даних і бази знань

З метою формування практичних умінь і навичок комплексного використання знань з різних тем дисципліни й суміжних дисциплін та застосування методів і технологій паралельних та розподілених обчислень до розв'язання прикладних задач з різних галузей частина лабораторних робіт в обсязі 14 год проходить в лабораторіях комп'ютерних мереж та вбудованих систем і 3Д моделювання.

3. Результати навчання за дисципліною

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- архітектуру та програмне забезпечення високопродуктивних паралельних та розподілених обчислювальних систем;
- основні методи, алгоритми і засоби паралельної та розподіленої обробки інформації;
- основні методи і технології паралельного програмування;
- причини недостовірності обчислювального рішення.

вміти:

- розробляти та реалізовувати розпаралелення задач і алгоритмів,; оцінювати необхідну конфігурацію обчислювальної системи для їх виконання
- застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур,
- визначати ефективність паралельних обчислень в різних умовах;
- застосовувати основні технології паралельного програмування для вирішення прикладних задач.

І досягти таких **програмних результатів:**

- знання та розуміння особливостей різних парадигм програмування, принципів, моделей, методів і технологій проектування і розроблення програмних продуктів різного призначення;
- знання архітектури та програмного забезпечення високопродуктивних паралельних та розподілених обчислювальних систем, чисельних методів та алгоритмів для паралельних структур;
- вміння ефективно використовувати сучасний математичний апарат в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру, вміння використовувати моделі алгоритмів та обчислюваних функцій, проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми, оцінювати їх ефективність та складність;
- вміння розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук, створювати надійне та ефективне програмне забезпечення;
- виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Усього	Розподіл годин між видами робіт			
		Аудиторна			Самостійна
		Лекції	Лабораторні	З них в ЦК	
Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи					
Тема 1. Основні поняття про паралельні обчислення	10	2	-		6
Тема 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем.	10	2	4		6
Тема 3. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень	16	2	8		6
Модульний контроль	2				
Разом за змістовим модулем 1	38	6	12	4	18
Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування					
Тема 4. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.	12	2	4		6
Тема 5. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму.	12	2	4		6
Тема 6. Технології паралельного програмування. Мови і системи паралельного програмування.	16	2	6		8
Модульний контроль	3				
Разом за змістовим модулем 2	43	6	14	4	20
Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач					
Тема 7. Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання типових задач обчислювальної математики.	17	2	8		9
Тема 8. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри.	19	2	6		9
Модульний контроль	3				
Разом за змістовим модулем 3	39	4	14	6	18
Усього годин	120	16	40	14	56

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи

Тема 1. Основні поняття про паралельні обчислення.

Вступ. Місце дисципліни в навчальній програмі. Сучасні задачі обчислювальних систем. Проблеми та перспективи. Поняття паралельних обчислень. Области застосування і задачі паралельних обчислень. Стримуючі фактори.

Тема 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем.

Особливості організації паралельних обчислювальних систем. Класифікація паралельних обчислювальних систем. Взаємозв'язок класифікацій. Векторно-конвеєрні та векторно-паралельні системи. Багатопроцесорні системи: PVP, SPM, MPP, NUMA. Технологія CUDA. Кластери. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Комунікаційне середовище паралельних обчислювальних систем: компоненти, топологія. Основні характеристики комунікаційних мереж. Паралельні системи нетрадиційної архітектури

Тема 3. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень

Фактори продуктивності обчислювальних систем. Методи підвищення продуктивності. Продуктивність паралельних обчислень: характеристики, оцінка. Показники ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала і Густафсона-Барсиса. Методи передачі даних між обчислювальними вузлами. Аналіз трудомісткості основних операцій передачі даних для кластерних систем.

Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування

Тема 4. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.

Поняття процесу, потоку, ресурсу. Види ресурсів. Багатопроцесорні операційні системи. Синхронізація процесів: критична область, семафори, блокування. Комунікації процесів. Управління розподіленої пам'яттю.

Тема 5. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму.

Види і рівні паралелізму в комп'ютерних системах. Паралелізм даних. Паралелізм задач. Організація паралельних програм як системи потоків. Поняття паралельного процесу та гранули розпаралелювання. Модель обчислень у вигляді графа. Мережі Петрі. Моделювання програм з використанням мереж Петрі. Етапи розробки паралельного алгоритму. Похибки реалізації обчислювальних алгоритмів на комп'ютерах.

Тема 6. Технології паралельного програмування. Мови і системи паралельного програмування.

Огляд засобів паралельного програмування. Труднощі використання. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Програмування для систем із спільною пам'яттю. Технологія OpenMP. Засоби програмування з передачею повідомлень. Технологія MPI. Паралельне програмування на платформі .Net Framework та мовою Python.

Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач.

Тема 7. Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання деяких типових задач обчислювальної математики.

Обчислення частинних сум послідовності чисел. Обчислення інтегралів. Знаходження значення числа π . Паралельна реалізація різних методів сортування елементів масиву даних. Множення матриці на вектор. Матричне множення.

Тема 8. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри.

Прямі та ітераційні методи розв'язку систем алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса. Паралельна реалізація алгоритму Гауса. Аналіз ефективності паралелізації методу Гауса. Метод Якобі: паралельна реалізація, аналіз ефективності.

6. Контроль навчальних досягнень

6.1. Система оцінювання навчальних досягнень студентів

Вид діяльності студента	Макс. кількість балів за одиницю	Модуль 1		Модуль 2		Модуль 3	
		кількість одиниць	максимальна кількість балів	кількість одиниць	максимальна кількість балів	кількість одиниць	максимальна кількість балів
Відвідування лекцій	1	3	3	3	3	2	2
Відвідування лабораторних занять	1	6	6	7	7	7	7
Робота на лабораторному занятті	10	3	30	5	50	5	50
Виконання тестового контролю на занятті	10	3	30	4	40	4	40
Виконання модульної контрольної роботи	25	1	25	1	25	1	25
Виконання завдання для самостійної роботи	5	1	5	1	5	1	5
Разом			99		130		129
Максимальна кількість балів:			28		36		36
Розрахунок коефіцієнта			0,28		0,28		0,28

6.2. Завдання для самостійної роботи та критерії її оцінювання

Самостійна робота виконується протягом опрацювання відповідного змістового модуля на лекційних та практичних заняттях і здається на перевірку викладачу у вигляді **авторського** (2-3 сторінки друкованого тексту) реферативного дослідження на вказану в таблиці тему.

Кількість балів за самостійну роботу залежить від дотримання таких вимог:

- своєчасність і самостійність виконання завдань;
- якість виконання завдань (повнота викладення теми, наявність прикладів і джерел, на які спирався студент при опрацюванні теми тощо);
- творчий підхід у виконанні завдань.

№ з/п	Назва теми для самостійного опрацювання	К-ть годин	Бали
Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи		18	5
1	Тема 1. Области застосування і задачі паралельних обчислень.	6	1
2	Тема 2. Технологія CUDA. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Паралельні системи нетрадиційної архітектури: нейромережі, асоціативні та потокові системи.	6	2
3	Тема 3. Алгоритм Дейкстри пошуку оптимальних маршрутів на графі. Алгоритм узагальненого множинного розсилання даних «Циклічний зсув»	6	2
Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування		20	5
4	Тема 4. Засоби операційних систем для керування паралельними та розподіленими обчисленнями. Розподілені операційні системи.	6	1
5	Тема 5. Моделювання програм з використанням мереж Петрі.	6	2
6	Тема 6. Завдання оптимального відображення паралельних процесів на архітектуру багатопроцесорної обчислювальної системи. Код Грея	8	2
Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач		18	5
7	Тема 7. Засоби для організації розподілених обчислень мовою Python.	9	2
8	Тема 8. Джерела похибок та чутливість комп'ютерного розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь	9	3
Разом		56	15

6.3. Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання.

Модульний контроль проводиться у формі комп'ютерного тесту. Тести містять 25 питань різного типу, вага кожного питання – 1 бал.

6.4. Форми проведення семестрового контролю та критерії оцінювання.

Семестровий контроль проводиться у формі заліку. Підсумкова оцінка рівня досягнення результатів навчання є сумою всіх оцінок за змістові модулі.

6.5. Шкала відповідності оцінок

Оцінка	Кількість балів
Відмінно	100-90
Дуже добре	82-89
Добре	75-81
Задовільно	69-74
Достатньо	60-68
Незадовільно	0-59

7. Навчально-методична карта дисципліни

Разом: 120 год., лекції – 16 год., лабораторні заняття – 40 год., модульний контроль – 8 год., самостійна робота – 56 год.

Модулі (назви, бали)	Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені обчислювальні системи (99 балів)			Змістовий модуль 2. Паралельна обробка даних. Технології паралельного програмування (130 балів)			Змістовий модуль 3. Паралельні методи розв'язування прикладних задач (129 балів)							
	1	2	3	4	5	6	7	8						
Лекції (теми, бали)	Лекція 1. Основні поняття про паралельні обчислення (1 бал)	Лекція 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем (1 бал).	Лекція 3. Продуктивність обчислювальної системи. Трудомісткість паралельних обчислень (1 бал).	Лекція 4. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів (1 бал)	Лекція 5. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму (1 бал)	Лекція 6. Технології паралельного програмування. Мови і системи паралельного програмування (1 бал).	Лекція 7. Паралельні числові алгоритми для розв'язання типових задач обчислювальної математики (1 бал)	Лекція 8. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри (1 бал)						
Практичні заняття (теми, бали)		1-2. Методи декомпозицій задач. (22 бали)	3-4. Прискорення та ефективність паралельного алгоритму із послідовною частиною (22 бали)	5-6. Кластер на базі мікрокомп'ютерів Raspberry Pi (22 бали)	7-8. Синхронізація процесів та потоків в паралельних обчислювальних системах (22 бали)	9-10. Розробка паралельного алгоритму (22 бали)	11. Створення простих багатопотокових програм в середовищі .Net Framework (11 балів)	12. Створення багатопотокових програм із синхронізацією потоків (21 бал)	13. Організація паралельних обчислень на кластері засобом MPI (21 бал)	14. Програма реалізація паралельного алгоритму знаходження числа пі (21 бал)	15-16. Програма реалізація паралельного алгоритму множення матриць (22 бали)	17. Програма реалізація паралельного алгоритму розрахунку означеного інтеграла (21 бал)	18-19. Програма реалізація паралельного алгоритму розв'язання СЛАР методом Гауса (22 бали)	20. Програма реалізація паралельного алгоритму розв'язання СЛАР методом Якобі (11 балів)
Самостійна робота	Самостійна робота (5 балів)			Самостійна робота (5 балів)			Самостійна робота (5 балів)							
Поточний контроль (вид, бали)	Модульна контрольна робота 1 (25 балів)			Модульна контрольна робота 2 (25 балів)			Модульна контрольна робота 3 (25 балів)							
Підсумковий контроль (вид, бали)	Залік (100 балів)													

8. Рекомендована література

Базова

1. Дорошенко А.Ю. Паралельні обчислювальні системи. Методичний посібник і конспект лекцій. – Київ: Видавничий дім «КМ Академія», 2013. – 46 с.
2. Організація паралельних обчислень: Навчальний посібник / Укладачі: Є. Ваврук, О. Лашко. – Львів: Національний університет “Львівська політехніка”, 2007. – 70 с.
3. Кузьменко Б.В., Чайковська О.А. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень. Конспект лекцій, частина 1. Розподілені об’єктні системи, паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення, паралельне програмування на основі MPI: Навчальний посібник. – К.: Видавничий центр КНУКІМ, 2011. – 126 с.

Допоміжна

4. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие /В.П. Гергель. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 423 с.
5. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навчальний посібник для вузів. – К.: Вища школа, 1997. – 358 с.
6. Ashwin Pajankar. Raspberry Pi Supercomputing and Scientific Programming. – Nashik, Maharashtra, India, 2017. – 171 p.
7. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77 с.
8. Gropp, William. Using MPI : portable parallel programming with the Message-Passing Interface / William Gropp, Ewing Lusk, and Anthony Skjellum. Third edition. –Massachusetts Institute of Technology, 2014. – 330 с.
9. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.
10. Blaise Barney. Introduction to Parallel Computing. – Режим доступу: https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel_comp/
11. Шилдт Г. С# 4.0: полное руководство: Пер. с англ. – М.: ООО "И.Д. Вильямс", 2011. – 1056 с.
12. Уильямс Э. Параллельное программирование на С++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. – Москва, ДМК Пресс, 2012. - 673 с.

Інформаційні ресурси

13. Сайт Української команди розподілених обчислень. – Режим доступу: <http://distributed.org.ua/>.
14. Крюков В.А. Операционные системы распределенных вычислительных систем (распределенные ОС). Курс лекций. – Режим доступу: <http://parallel.ru/krukov/>
15. Алексеев А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010. Учебный курс Интернет-университета информационных технологий. – Режим доступу: <http://www.intuit.ru/studies/courses/4807/1055/info>
16. Паралельна обробка і паралелізм в .NET Framework. – Режим доступу: [http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156548\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh156548(v=vs.110).aspx)
17. Форум програмістів // CyberForum.ru - форум програмістів і сисадмінів. – Режим доступу: <http://www.cyberforum.ru/programming/>
18. Туральчук К. Параллельное программирование с помощью языка С#. Учебный курс Интернет-университета информационных технологий. – Режим доступу: <http://www.intuit.ru/studies/courses/5938/1074/info>
19. Joseph Albahari. Работа с потоками в С#. Часть 1 / Перевод: А. Кирюшкин. – Режим доступу: <http://rstdn.ru/article/dotnet/CSThreading1.xml>.
20. Joseph Albahari. Работа с потоками в С#. Часть 2 / Перевод: А. Кирюшкин. – Режим доступу: <http://rstdn.ru/article/dotnet/CSThreading2.xml>.
21. Joseph Albahari. Работа с потоками в С#. Часть 3 / Перевод: А. Кирюшкин. – Режим доступу: http://rstdn.ru/article/dotnet/Threading_In_C_Sharp_Part_3.xml.
22. Проект Globus для наукових досліджень. – Режим доступу: <http://parallel.ru/> <http://www.globus.org>.
23. Форум з використання ГРІД-технологій. – Режим доступу: <http://www.gridforum.org>.
24. Характеристики 500 найпотужніших комп’ютерів в світі. – Режим доступу: <http://www.top500.org>
25. Стандарти MPI. – Режим доступу: <http://www.mpiforum.org>
26. Netlib is a collection of mathematical software, papers, and databases. – Режим доступу: <http://netlib.org>