


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ Р.ЕЛЬВОРТІ

Кафедра інформаційних технологій

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Завідувач кафедри

 /О.П. Бондар/
30 серпня 2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ»

Спеціальність: 122 Комп'ютерні науки

Освітньо-професійна програма: Комп'ютерні науки

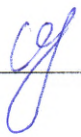
Нормовані дані	Курс	Семестр	Всього годин за планом	Кількість кредитів ECTS	Всього аудит (год.)	Аудиторних годин, (у тому числі КЗ)			Самостійна робота (год.)	Курсове проектування (семестр/кредити)	Контрольний підсумок (семестр)	
						Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття			Екзамен	Залік
Форма навчання												
Денна	4	8	120	4	48	36	36		48		8	

Робочу програму складено на основі освітньо-професійної програми за спеціальністю: 122 Комп'ютерні науки

Робочу програму складено: доцент Паращук С.Д.

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри інформаційних технологій.

Протокол № 1 від "30" серпня 2024 року

Завідувач кафедри  /О.П. Бондар/

Схвалено Вченою радою ЕТІ ім. Р.Ельворті

Протокол № 15 від "24" вересня 2024 року

Голова Вченої ради  /Штець Т.Ф./

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь: 12– Інформаційні технології Спеціальність або освітня програма 122 Комп'ютерні науки	Статус дисципліни нормативна	
Змістових модулів - 4		Рік підготовки	
Індивідуальне завдання студента		4	
Загальна кількість годин -120		Семестр	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 8 семестр – 8 години		8	
		Лекції (год.)	
		36	
		Практичні, семінарські (год.)	
		Лабораторні (год.)	
	36	-	
	Самостійна робота (год.)		
	48		
	Індивідуальне завдання (год.)		
-	-		
Вид контролю:			
	8сем – екзамен		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять та самостійної роботи становить (%): 60% до 40% .

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

2.1. МЕТА ВИКЛАДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Паралельні та розподілені обчислення» є важливою складовою фахової підготовки, у рамках якої вивчаються актуальні напрямки розвитку суперкомп'ютерних обчислювальних технологій, технологій паралельного програмування, способи розпаралелювання алгоритмів матричної алгебри тощо.

Метою викладання дисципліни є опанування базових знань з питань організації паралельних обчислювальних систем та технологій організації паралельних обчислень на багатопроцесорних обчислювальних комплексах з розподіленою або спільною оперативною пам'яттю.

2.2. ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення основних принципів організації паралельної та розподіленої обробки даних; моделей, методів та технологій паралельного програмування; засобів та методів налагодження паралельних додатків; бібліотек, надбудов до компіляторів для створення паралельних додатків.

Основними задачами вивчення дисципліни є:

- знайомство з основними напрямками в галузі організації паралельних та розподілених обчислень на багатопроцесорних обчислювальних системах;
- знайомство з технологіями паралельного програмування;

- набуття навичок паралельного програмування з використанням інтерфейсу передавання повідомлень;
- знайомство з технологією паралельного програмування на системах із спільною оперативною пам'яттю;
- набуття навичок розпаралелювання алгоритмів матричної алгебри.

2.3. За результатами вивчення дисципліни здобувач повинен опанувати наступні компетентності:

Інтегральна компетентність. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

2.4. За результатами вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- шляхи досягнення паралелізму;
- особливості векторної, конвеєрної, багатопроцесорної, багатомашинної та паралельної обробки даних;
- фактори, що стримують збільшення кількості транзисторів на кристалі та нарощення частоти процесорів;
- способи одно процесорної оптимізації алгоритмів;
- методики вимірювання продуктивності обчислювальних систем;
- класифікацію багатопроцесорних обчислювальних систем;
- проблеми створення кластерних систем;
- парадигми паралельного програмування;

вміти:

- визначати продуктивність обчислювальних систем;
- використовувати засоби бібліотеки MPI;
- налагоджувати та трасувати паралельні програми;
- досліджувати властивості паралельного алгоритму;
- аналізувати задачі з метою виділення фрагментів, які можна розпаралелити;
- змінювати структуру задачі для ефективного виконання під задач;
- реалізувати паралельний алгоритм у вихідному коді за допомогою системи позначень паралельного програмування.
- розробляти паралельні алгоритми для операцій з матрицями.

2.5. Програмні результати навчання

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.

ПР17. 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.

2.6. Структурно-логічне місце дисципліни в освітній програмі

Попередні дисципліни	Наступні дисципліни
Комп'ютерні мережі	Проектування інформаційних систем
Програмування	Виконання кваліфікаційної роботи
Об'єктно-орієнтоване програмування	
Комп'ютерна схематехніка та архітектура комп'ютера	

Програма навчальної дисципліни складається з чотирьох модулів

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Архітектура паралельних обчислювальних систем.

Тема 1. Основні напрямки розвитку високопродуктивних комп'ютерів.

1. Шляхи досягнення паралелізму: незалежність функціонування окремих пристроїв, надлишковість елементів обчислювальної системи, дублювання пристроїв.
2. Векторна та конвеєрна обробка даних.
3. Багатопроесорна та багатомашинна, паралельна обробка даних.
4. Закон Мура, фактори, що стримують нарощування кількості транзисторів на кристалі та збільшення частоти процесорів.
5. Привабливість паралельної обробки даних. Фактори, що стримують впровадження паралельних обчислень. Перелік критичних задач, вирішення яких без використання паралельних обчислень утруднене або неможливе.

Тема 2. Оцінювання продуктивності обчислювальних систем.

1. Стандартні методики вимірювання продуктивності MIPS, MFLOPS і т.д.
2. Продуктивність кластера – латентність, пропускна здатність.
3. Загально визнані методики вимірювання продуктивності багатопроесорних обчислювальних систем.
4. TOP500 – світовий рейтинг суперкомп'ютерів (коротка характеристика перших 5-и суперкомп'ютерів світу).

Тема 3. Класифікація багатопроесорних обчислювальних систем.

1. Системи з розподіленою, спільною пам'яттю, приклади систем.
2. Масивно-паралельні системи (MPP). Симетричні мультипроцесорні системи (SMP). Паралельні векторні системи (PVP). Системи з неоднорідним доступом до пам'яті (Numa), приклади систем.
3. Комп'ютерні кластери – спеціалізовані та повнофункціональні. Історія виникнення комп'ютерних кластерів – проект Beowulf.
4. Мета-комп'ютинг – приклади діючих проектів.
5. Класифікація Флінна, Шора і т.д.
6. Організація міжпроцесорних зв'язків – комунікаційні топології. Приклади мережових рішень для створення кластерних систем. Сучасні мікропроцесори, що використовуються при побудові кластерних рішень.

Тема 4. Проблеми створення кластерних систем.

1. Кластер визначають задачі. Плюси та мінуси власного та арендованого кластера. Бюджет на обслуговування та утримування кластера. Кадрове забезпечення. Базова інфраструктура: приміщення, системи охолодження повітря, підлога, безпека.
2. Проектування архітектури: базові компоненти кластера, компоновка кластера, вибір процесора, оперативна пам'ять, диски, головний вузол кластера, мережева інфраструктура (комунікаційна, транспортна, сервісна).
3. Постачання і монтаж обладнання. Установа і налагодження програмного забезпечення.
4. Засоби розробки та прикладне програмне забезпечення. Моніторинг кластера. Обслуговування кластера.

Змістовий модуль 2. Паралельне програмування.

Тема 5. Парадигми, моделі та технології паралельного програмування.

1. Функціональний паралелізм, паралелізм за даними.
2. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD. Парадигма конвеєризації. Парадигма “поділяй і володарюй”. Спекулятивний паралелізм. Важливість вибору технології для реалізації алгоритму.
3. Модель обміну повідомленнями – MPI.
4. Модель загальної пам'яті – OPENMP.

Тема 6. Паралельне програмування на системах зі спільною пам'яттю (OpenMP).

1. Вступ до OpenMP. Стандарти програмування для систем з розподільною пам'яттю.
2. Створення багатопотокових додатків. Використання багатопотоковості при програмуванні для багатоядерних платформ.
3. Синхронізація даних між вітками у паралельній програмі.
4. Директиви мови OpenMP.

Тема 7. Паралельне програмування з використанням інтерфейсу передавання повідомлень MPI.

1. Бібліотека MPI. Модель SIMD.
2. Ініціалізація та завершення MPI-додатку.
3. Точкові обміни даними між процесами MPI-програми. Режими буферизації. Проблема deadlock'ів.
4. Колективні взаємодії процесів в MPI. Управління групами та комунікаторами в MPI.

Тема 8. Налагодження, трасування та профілювання паралельних програм.

1. Класифікація помилок паралельних програм (сильні, слабкі помилки ...).
2. Особливості налагодження паралельних додатків.
3. Трасування. Налагодження за допомогою послідовних налагоджувачів.
4. Паралельний Налагоджувач TotalView. Профілювання.
5. Бібліотека MPE. Засоби MPI для візуалізації траси паралельного додатку.

Змістовий модуль 3. Теорія та практика паралельних обчислень.

Тема 9. Основні поняття паралелізму алгоритмів.

1. Ступінь паралелізму чисельного алгоритму. Середній ступінь паралелізму чисельного алгоритму. Зернистість алгоритму.
2. Прискорення та ефективність. Закон Амдала.
3. Алгоритм дослідження властивостей паралельного алгоритму.
4. Визначення паралелізму: аналіз задачі з метою виділити підзадач, які можна виконувати одночасно.
5. Виявлення паралелізму: змінення структури задачі таким чином, щоб можна було ефективно виконувати підзадачі (пошук залежності між підзадачами та організація коду, яка дозволить ефективно управління підзадачами).
6. Відтворення паралелізму: реалізація паралельного алгоритму у вихідному кодї за допомогою системи позначень паралельного програмування.

Тема 10. Алгоритми матричної алгебри та їхнє розпаралелювання.

1. Паралельний алгоритм множення матриці на вектор та його прискорення порівняно з послідовним алгоритмом.
2. Паралельний алгоритм множення матриці на матрицю та його прискорення порівняно з послідовним алгоритмом.
3. Паралельний алгоритм розв'язування СЛАУ прямим методом Гауса та його прискорення порівняно з послідовним алгоритмом.
4. Паралельний алгоритм розв'язування СЛАУ ітераційними методами Якобі, Гауса-Зейделя та їх прискорення порівняно з послідовними алгоритмами.

Змістовий модуль 4. Проблеми розподілених обчислень.

Тема 11. Основні поняття розподілених обчислень.

1. Поняття розподілених обчислень та розподіленої системи.
2. Цілі побудови розподілених систем. Вимоги до розподілених систем: відкритість, прозорість, масштабованість, складність.
3. Фізичний час. Синхронні та асинхронні розподілені системи.
4. Впорядкування подій. Примітиві взаємодії. Синхронний та асинхронний обмін повідомленнями.

Тема 12. Модель розподіленого обчислення.

1. Модель розподіленої системи.
2. Причинно-наслідковий порядок подій.
3. Еквівалентні виконання. Конус минулого та конус майбутнього для події.
4. Властивості каналів.

Тема 13. Логічний час в розподілених системах.

1. Скалярний час Лемпорта: основні властивості та приклади використання.
2. Векторний час: основні властивості, приклади виконання, методи ефективної реалізації векторного часу.
3. Матричний час.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Архітектура паралельних обчислювальних систем.						
Тема 1. Основні напрямки розвитку високопродуктивних комп'ютерів.	4	2				2
Тема 2. Оцінювання продуктивності обчислювальних систем.	8	2		4		2
Тема 3. Класифікація багатопроцесорних обчислювальних систем.	4	2				2
Тема 4. Проблеми створення кластерних систем.	4	2				2
Разом за змістовим модулем 1	20	8		4		8
Змістовий модуль 2. Паралельне програмування.						
Тема 5. Парадигми, моделі та технології паралельного програмування.	4	2				2
Тема 6. Паралельне програмування на	18	4		8		6

системах зі спільною пам'яттю (OpenMP).						
Тема 7. Паралельне програмування з використанням інтерфейсу передавання повідомлень MPI.	16	4		6		6
Тема 8. Налаштування, трасування та профілювання паралельних програм.	6	2				4
Разом за змістовим модулем 2	44	12		14		18
Змістовий модуль 3. Теорія та практика паралельних обчислень.						
Тема 9. Основні поняття паралелізму алгоритмів.	6	2				4
Тема 10. Алгоритми матричної алгебри та їхнє розпаралелювання.	20	4		8		8
Разом за змістовим модулем 3	26	6		8		12
Змістовий модуль 4. Проблеми розподілених обчислень.						
Тема 11. Основні поняття розподілених обчислень.	8	4		2		2
Тема 12. Модель розподіленого обчислення.	12	4		4		4
Тема 13. Логічний час в розподілених системах.	10	2		4		4
Разом за змістовим модулем 4	30	10		10		10
Разом	120	36		36		48

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

6. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не передбачено	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Змістовий модуль 1. Архітектура паралельних обчислювальних систем.		4
1.	Тема 2. Оцінювання продуктивності обчислювальних систем.	4
Змістовий модуль 2. Паралельне програмування.		14
2.	Тема 6. Паралельне програмування на системах зі спільною пам'яттю (OpenMP).	8
3.	Тема 7. Паралельне програмування з використанням інтерфейсу передавання повідомлень MPI.	6
Змістовий модуль 3. Теорія та практика паралельних обчислень.		8
4.	Тема 10. Алгоритми матричної алгебри та їхнє розпаралелювання.	8
Змістовий модуль 4. Проблеми розподілених обчислень.		10

5.	Тема 11. Основні поняття розподілених обчислень.	2
6.	Тема 12. Модель розподіленого обчислення.	4
7	Тема 13. Логічний час в розподілених системах.	4
	Разом	36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання лекцій та підготовка до лабораторних занять	48
	Разом	48

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено

10. Методи навчання

Лекції із застосування мультимедійних технологій навчання, лабораторні заняття для формування навичок розв'язування задач, консультації.

11. Методи контролю

Оцінювання якості знань студентів здійснюється шляхом поточного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

Поточний контроль - оцінювання засвоєння студентом навчального матеріалу під час проведення лабораторних занять, підсумкового тестування наприкінці модуля, індивідуальних завдань та самостійної роботи. Результати поточного контролю заносяться в журнал у балах (5, 4, 3, 2, 1). Сума балів за поточний контроль максимально дорівнює 60.

Підсумковий (семестровий) контроль – комплексне оцінювання якості засвоєння навчального матеріалу дисципліни на екзамені. Сума балів за екзамен максимально дорівнює 40.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання та самостійна робота				Екзамен	Сума
Змістовий модуль №1	Змістовий модуль №2	Змістовий модуль №3	Змістовий модуль №4		
10	20	15	15	40	100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням

			дисципліни
--	--	--	------------

13. Методичне забезпечення

1. Навчально-методичний комплекс.
2. Тексти лекцій (в електронному варіанті).

14. Рекомендована література

Основна

1. Луцків А.М. Паралельні та розподілені обчислення / А.М. Луцків, С.А. Лупенко, В.В. Пасічник // - Львів: «Магнолія 2006», 2017. – 566 с.
2. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.
3. Кузьма К.Т. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти / К.Т. Кузьма, О.В. Мельник. – Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. – 172 с.
4. Корочкін О.В., Русанова О.В. Н72 Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник. [Електронний ресурс] / О.В.Корочкін, Русанова О.В. – Електронні текстові дані (2 файли: 43,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 123 с.
<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/95bfd3-2e60-45d8-9f89-1fe9929f17ae/content>
5. Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 104 с.
6. Гришанович Т. О. Лабораторний практикум із дисципліни “Паралельні та розподілені обчислення” [Електронний ресурс]; ВНУ імені Лесі Українки. Луцьк : ВНУ імені Лесі Українки, 2022. 50 с. <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/21518/1/Hryshanovych.pdf>
7. Наконечна О. А., Ярмоленко Т. А., Алексеєнко В. В., Якимчук Б. М. Інструктивно-методичні рекомендації з дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» / уклад.: Оксана Наконечна, Тетяна Ярмоленко, Вікторія Алексеєнко, Богданна Якимчук. Житомир: Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2023. 74 с.

Допоміжна

1. Ясько, М.М. Навчальний посібник до вивчення курсів “Паралельна обробка даних” та “Мови обчислень та кластерні системи” [Текст] /М.М.Ясько. – Д.: РВВ ДНУ, 2010. – 76с.
2. Минайленко Р.М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. — Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2021. — 153 с.

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.top500.org/>
2. <http://cluster.univ.kiev.ua/ukr/>