

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о зав. кафедри

к.пед.н., доц. Ш Сергій ШАРОВ

«31» серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Технології розподілених систем та паралельних обчислень»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»
за ОПІ Комп'ютерні науки
(на основі повної загальної середньої освіти)

факультет енергетики та комп'ютерних технологій

2021 – 2022 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за ОПП Комп'ютерні науки (на основі повної загальної середньої освіти). Мелітополь, ТДАТУ – 12 с.

Розробник: ст. викладач Сіциліцин Ю.О.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри «Комп'ютерні науки»
Протокол №1 від 27 серпня 2021 року
В.о. завідувача кафедри комп'ютерних наук
доц. Ш Сергій ШАРОВ

Схвалено методичною комісією факультету ЕКТ для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за ОПП Комп'ютерні науки (на основі повної загальної середньої освіти).
Протокол № 1 від «31» 08 2021 року
Голова, доцент Д. Нестерчук Діна НЕСТЕРЧУК

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		<u>денна форма навчання</u>	
Кількість кредитів 4	Галузь знань: <u>12 «Інформаційні технології»</u>	<u>обов'язкова</u>	
Загальна кількість годин – 120 годин	Спеціальність: <u>122 «Комп'ютерні науки»</u>	Курс	Семестр
Змістових модулів –2		4	1
Тижневе навантаження: аудиторних занять – 4 год. самостійна робота студента – 5 год.	Ступінь вищої освіти: <u>«Бакалавр»</u>	Вид занять	Кількість годин
		Лекції	22 год.
		Лабораторні заняття	32 год.
		Практичні заняття	-
		Семінарські заняття	-
		Самостійна робота	66 год.
		Форма контролю: <u>екзамен</u>	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу - формування знань, вмінь та навичок, необхідних для раціональної експлуатації паралельних та розподілених комп'ютерних систем.

Знайомство студентів з принципами проектування паралельних програм, що працюють в системах з загальною та розподіленою пам'яттю.

Подальше вдосконалення програмної культури майбутніх фахівців..

Завдання курсу - навчитися розробляти паралельне програмне забезпечення для розв'язування прикладних задач з використанням сучасних технологій: .NET, MPI, OpenMP та GRID. Навчитися обґрунтовувати продуктивність та ефективність використання технологій паралельних та розподілених обчислень.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **знати**: базові принципи паралельних та розподілених обчислень, основні класи паралельних обчислювальних систем, рівні паралелізації обчислень, особливості їх архітектури та програмування, методи оцінки продуктивності; застосування розподілених систем у різних областях; проблему відображення програм та алгоритмів на архітектурі паралельних обчислень; основні паралельні методи розв'язання задач; основи технологій паралельних та розподілених обчислень.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **вміти**: виконувати обчислення показників програм та аналізувати їх. Визначати тип та характеристики наявного обладнання та обирати найбільш ефективну реалізацію залежно від вибраних характеристик. Виконувати SIMD команди при програмуванні мовами високого рівня; Розробляти паралельні алгоритми; Розробляти паралельні програми за допомогою засобів операційних систем та сучасних технологій; Оцінювати складність та ефективність програм за допомогою сучасних засобів профілювання.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен **отримати навички**: програмування на мові високого рівня C++ з бібліотеками OMP та MPI.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль № 1. Основи паралельних обчислень.

Тема 1. Апаратні засоби паралельних обчислень. [1, с.11...59; 2, с. 9...26]

Класифікація систем паралельної обробки даних. Моделі зв'язку та архітектури пам'яті. Симетричні мультипроцесорні системи SMP. Паралельні векторні системи (PVP). Системи з масовим паралелізмом (MPP). Системи з неоднорідним доступом до пам'яті (NUMA). Кластерні системи.

Тема 2. Моделювання та аналіз паралельних обчислень. [3, с.11...59; 2, с. 48...59]

Модель обчислень у вигляді графа "операції - операнди". Опис схеми паралельного виконання алгоритму. Визначення часу виконання паралельного алгоритму. Показники ефективності паралельного алгоритму.

Тема 3. Основні конструкції OpenMP. [1, с.88...94; 2, с. 60...72]

Основні принципи OpenMP. Принципова схема програмування в OpenMP. Особливості реалізації директив OpenMP. Директиви shared, private і default. Директиви firstprivate і lastprivate. Директива if. Директива reduction. Директива coryin. Директива for. Директива do. Директива workshare. Директива sections.

Тема 4. Паралельне програмування з використанням OpenMP. [1, с.102...105; 2, с. 74...86]

Синхронізація процесів в OpenMP. Синхронізація типу atomic. Синхронізація типу critical. Синхронізація типу barrier. Синхронізація типу master. Синхронізація типу ordered. Синхронізація типу flush. Завантаження процесів в OpenMP. Директива schedule. Завантаження типу static.

Тема 5. Додаткові можливості OpenMP. [3, с.111...128; 2, с. 88...101]

Завдання змінних оточення за допомогою функцій runtime OpenMP. Передача даних за допомогою директиви threadprivate. Застаріла конструкція передачі даних в директиві parallel do в OpenMP. Функції блокування в OpenMP.

Тема 6. Побудова оцінок продуктивності й ефективності паралельних комп'ютерів. [1, с.114...131; 2, с. 103...124]

Основні поняття й припущення. Закони Амдала. Закон Густавсона – Барсиса. Продуктивність конвеєрних систем. Масштабованість паралельних

обчислень. Верхня границя часу виконання паралельного алгоритму. Фактори, що впливають на продуктивність, і способи її підвищення.

Змістовий модуль 2. Основи роботи з MPI.

Тема 7. Основні поняття. Загальні процедури MPI. [1, с.11...59; 2, с. 9...26]

Ініціалізація паралельної частини програми. Завершення паралельної частини програми. Загальна схема MPI-програми на мові Сі. Основні функції MPI.

Тема 8. Передача / прийом повідомлень між окремими процесами. [7, с.11...59; 2, с. 125...138]

Передача / прийом повідомлень з блокуванням. Передача повідомлення з буферизацією. Блокуючий прийом в буфер. Процедура MPI_PROBE. Послідовний обмін повідомленнями між двома процесами. Передача / прийом повідомлень без блокування. Відкладені запити на взаємодію. Тупикові ситуації (deadlock).

Тема 9. Групи і комунікатори. Віртуальні топології. [7, с.87...99; 2, с. 141...156]

Групи і комунікатори. Віртуальні топології.

Тема 10. Задачі розробки паралельних алгоритмів . [7, с.11...59; 2, с. 125...138]

Постановка завдання. Класифікація алгоритмів по типу паралелізму. Загальна схема етапів розробки паралельних алгоритмів. Задача філософів, що обідають. Задача постачальника-споживача. Задача читачів-письменників. Задача сплячого парикмахера.

Тема 11. Виявлення паралелізму алгоритмів на основі аналізу графів. [7, с.87...99; 2, с. 141...156]

Постановка завдання розпаралелення. Побудова графа алгоритму обчислення перехідного процесу. Побудова й перетворення матриці

слідування. Виявлення логічно несумісних операторів.

Тема 12. Найпростіші паралельні алгоритми. [7, с.107...199]

Обчислення суми послідовності числових значень. Завдання обчислення всіх приватних сум. Множення матриці на вектор, способи декомпозиції. Множення матриці на вектор, поділ по рядках. Множення матриці на вектор, поділ по стовпцях. Множення матриці на вектор при блоковому поділі даних.

Тема 13. Ефективність паралельних обчислювальних методів під час розв'язування нелінійної задачі Коші для ЗДР. [6, с.102...185]

Паралельні колокаційні методи розв'язування задачі Коші для ЗДР. Паралельні методи чисельного розв'язання жорстких ЗДР та їх реалізація в багатопроцесорних структурах. Метод локальної екстраполяції Річардсона.

4. Структура навчальної дисципліни

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				балів
			годин				
			лк	лаб	сем. (пр.)	СРС	
Змістовий модуль 1							
1	Лекція 1	Апаратні засоби паралельних обчислень	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 1	Створення проекту в середовищі Visual Studio 2012, Циклі в C++	-	2	-	-	5
	Самостійна робота 1	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
2	Лекція 2	Моделювання та аналіз паралельних обчислень	2	-	-	-	-

	Лабораторна робота 2	Перемноження квадратних матриць	-	2	-	-	5
	Самостійна робота 2	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
3	Лекція 3	Основні конструкції OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 3	Введення в OpenMP, Загальні і приватні змінні в OpenMP	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 3	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	2	2
4	Лекція 4	Паралельне програмування з використанням OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 4	Розпаралелювання циклів у OpenMP	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 4	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
5	Лекція 5	Додаткові можливості OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 5	Паралельні секції в OpenMP	-	4	--	-	5
	Самостійна робота 5	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	2	2
6-7	Лекція 6	Побудова оцінок продуктивності й ефективності паралельних комп'ютерів	4	-	-	-	-
	Лабораторна робота 6	Гонка потоків у OpenMP	-	2	-	-	5

	Лабораторна робота 7	Паралельні алгоритми основних матричних операцій	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 6	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	5
Всього за змістовий модуль 1 (Годин: лк=14, лаб=22, ср=8)			44				50
Змістовий модуль 2							
8	Лекція 8	Основні поняття. Загальні процедури MPI.	2	-	-	-	
	Лабораторна робота 8	Введення в MPI	-	2	-	-	4
	Самостійна робота 8	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
9	Лекція 9	Передача / прийом повідомлень між окремими процесами	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 9	Взаємодія процесів точка-точка	-	2	-	-	4
	Самостійна робота 9	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	2	2
10	Лекція 10	Групи і комунікатори. Віртуальні топології	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 10	Колективна взаємодія процесів	--	2	-	-	5
	Самостійна робота 10	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
11-12	Лекція 11	Задачі розробки паралельних алгоритмів	4	-	-	-	-

	Лабораторна робота 11	Задача філософів, що обідають. Задача постачальника-споживача.	-	4	-	-	7
	Самостійна робота 11	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	3
13	Лекція 12	Виявлення паралелізму алгоритмів на основі аналізу графів.	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 12	Виявлення паралелізму алгоритмів на основі аналізу графів.	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 12	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
14	Лекція 4	Найпростіші паралельні алгоритми	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 4	Робота з матрицями в MPI	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 4	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
15	Лекція 4	Ефективність паралельних обчислювальних методів під час розв'язування нелінійної задачі Коші для ЗДР	2	-	-	-	-
	Лабораторна робота 4	Задача читачів-письменників. Задача сплячого парикмахера.	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 4	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	1	2
Всього за змістовий модуль 2 (Годин: лк=16, лаб=22, ср=8)			46				50
Всього з навчальної дисципліни			108				100

5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМ-КОВИЙ КОНТРОЛЬ

ПМК-1

1. Як визначається модель " операції - операнди " ?
2. Як визначається розклад для розподілу обчислень між процесорами ?
3. Як визначається час виконання паралельного алгоритму ?
4. Який розклад є оптимальним ?
5. Як визначити мінімально можливий час вирішення завдання ?
6. Що розуміється під паракомп'ютером і для чого може виявитися корисним дане поняття ?
7. Які оцінки слід використовувати в якості характеристики часу послідовного вирішення завдання?
8. Як визначити мінімально можливий час паралельного рішення задачі на графу " операнди - операції " ?
9. Які залежності можуть бути отримані для часу паралельного вирішення завдання при збільшенні або зменшенні кількості використовуваних процесорів ?
10. При якому числі процесорів можуть бути отримані часи виконання паралельного алгоритму , зіставні по порядку з оцінками мінімально можливого часу рішення задачі ?
11. Як визначаються поняття прискорення і ефективності?
12. Чи можливе досягнення Сверхлінійний прискорення ?
13. У чому полягає суперечливість показників прискорення та ефективності?
14. Як визначається поняття вартості обчислень ?
15. У чому полягає поняття вартісно - оптимального алгоритму ?
16. У чому полягає проблема розпаралелювання послідовного алгоритму підсумовування числових значень ?
17. У чому полягає каскадна схема підсумовування ? З якою метою розглядається модифікований варіант даної схеми?
18. У чому полягає відмінність показників прискорення та ефективності для розглянутих варіантів каскадної схеми підсумовування ?
19. У чому полягає паралельний алгоритм обчислення всіх приватних сум послідовності числових значень ?
20. Як формулюється закон Амдала ? Який аспект паралельних обчислень дозволяє врахувати цей закон ?
21. Які припущення використовуються для обґрунтування закону Густавсона - Барсіса ?
22. Як визначається функція ізоефективності ?
23. Який алгоритм є масштабованим ? Наведіть приклади методів з різним рівнем масштабованості .

ПМК-2

1. Призначення інтерфейсу OpenMP.
2. OpenMP. Модель паралельної програми.
3. OpenMP. Директиви та функції.
4. OpenMP. Функції роботи з таймером.
5. OpenMP. Директива `parallel` та її опції.
6. OpenMP. Директива `parallel`, Породження та завершення паралельних процесів(ниток).
7. OpenMP. Директива `parallel` та опція `IF`.
8. OpenMP. Директива `parallel` та опція `for`.
9. OpenMP. Директива `parallel` та опція `reduction`.
10. OpenMP. Призначення функцій `omp_set_dynamic()` та `omp_get_dynamic()`.
11. OpenMP. Вкладені паралельні області. Функції.
12. OpenMP. Призначення функції `omp_in_parallel()`.
13. OpenMP. Директива `single` та її опції.
14. OpenMP. Директива `master`.
15. OpenMP. Модель даних.
16. OpenMP. Паралельні цикли.
17. OpenMP. Паралельні цикли. Опції.
18. OpenMP. Паралельні цикли. Директива `for`.
19. OpenMP. Паралельні цикли. Директива `do`.
20. OpenMP. Паралельні секції. Директива `sections` та її опції.
21. OpenMP. Директива `task` та її опції.
22. OpenMP. Призначення директиви `barrier` та її опції.
23. OpenMP. Критичні секції.
24. OpenMP. Замки.
25. OpenMP. Директива `task` та її опції.

6. Рекомендована література

Основна література

1. С. Немнюгин, О. Стесик, Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. "БХВ", Санкт-Петербург, 2002 г., 396 с.
2. В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин, Параллельные вычисления. "БХВ", Санкт-Петербург, 2002 г., 599 с.
3. С. Немнюгин, О. Стесик, Современный Фортран. Самоучитель. "БХВ", Санкт-Петербург, 2004 г., 481 с.

Додаткова

4. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. - М.: Нолидж, 1999 г.
5. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002 г.
6. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. Учебное пособие. - М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007 г.

6. Інформаційні ресурси

1. Бібліотека ТДАТУ, м.Мелітополь, пр.Б.Хмельницького, 18.
2. Джерела Інтернет.