

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

Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о зав. кафедри КН

к.пед.н., доц. ШШ 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 базі ОКР «Молодший спеціаліст»)

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 базі ОКР «Молодший спеціаліст»). Мелітополь, ТДАТУ – 12 с.

Розробник: ст. викладач Сіциліцин Ю.О., доц. Шаров С.В.

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 базі ОКР «Молодший спеціаліст»)
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 5	Галузь знань: <u>12 «Інформаційні технології»</u>	<u>обов'язкова</u>	
Загальна кількість годин – 150 годин	Спеціальність: <u>122 «Комп'ютерні науки»</u>	Курс	Семестр
Змістових модулів – 2		2С	3
Тижневе навантаження: аудиторних занять – 4 год. самостійна робота студента – 6 год.	Ступінь вищої освіти: <u>«Бакалавр»</u>	Вид занять	Кількість годин
		Лекції	22 год.
		Лабораторні заняття	32 год.
		Практичні заняття	-
		Семінарські заняття	-
		Самостійна робота	96 год.
		Форма контролю: <u>диференційований залік</u>	

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є 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.

Завданням дисципліни є:

- розвиток у здобувачів вищої освіти навичок розробки паралельного програмного забезпечення для розв'язування прикладних задач з використанням сучасних технологій: .NET, MPI, OpenMP та GRID.
- формування здатності до обґрунтування продуктивності та ефективності використання технологій паралельних та розподілених обчислень.

Результати навчання (з урахуванням soft skills)

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

Загальні компетентності:

- ЗК1.Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2.Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК3.Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК5.Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК7.Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК9. Здатність працювати в команді.
- ЗК11.Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Фахові компетентності:

- ФК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.
- ФК9. Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.
- ФК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

Програмні результати навчання:

PH5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

PH8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

PH13. Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення.

PH16. 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.

Soft skills:

- **комунікативні навички:** письмове, вербальне й невербальне спілкування; спілкування в конфліктній ситуації; навички створення, керування й побудови відносин у команді;

- **керування часом:** уміння справлятися із завданнями вчасно;

- **гнучкість і адаптивність:** гнучкість, адаптивність і здатність мінятися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблем;

- **лідерські якості:** уміння ухвалювати рішення; уміння встановлювати мету, планувати;

- **особисті якості:** креативне й критичне мислення; повага до колег.

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 copyin. 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.

4. СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб	сем. (пр.)	СРС	
Змістовий модуль 1 – Основи паралельних обчислень.							
1	Лекція 1	Апаратні засоби паралельних обчислень	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 1	Створення проекту в середовищі Visual Studio 2012, Циклі в C++	-	2	-	-	5
	Самостійна робота 1	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	1
2	Лекція 2	Моделювання та аналіз паралельних обчислень	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 2	Перемноження квадратних матриць	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 2	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	1
3	Лекція 3	Основні конструкції OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 3	Введення в OpenMP, Загальні і приватні змінні в OpenMP	-	2	-	-	5
	Самостійна робота 3	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	1
4	Лекція 4	Паралельне програмування з використанням OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 4	Розпаралелювання циклів у OpenMP	-	4	-	-	5

	Самостійна робота 4	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	2
5	Лекція 5	Додаткові можливості OpenMP	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 5	Паралельні секції в OpenMP	-	2	-	-	5
	Самостійна робота 5	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	2
6	Лекція 6	Побудова оцінок продуктивності й ефективності паралельних комп'ютерів	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 6	Паралельні алгоритми основних матричних операцій	-	4	-	-	5
	Самостійна робота 6	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	3
7,8	Самостійна робота 7	Підготовка до ПМК 1	-	-	-	6	-
	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1	-	-	-	-	10
Всього за змістовий модуль 1: 90 год.			12	18	-	60	50
Змістовий модуль 2 – Основи роботи з MPI							
9	Лекція 7	Основні поняття. Загальні процедури MPI.	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 7	Введення в MPI	-	2	-	-	6
10	Лекція 8	Передача / прийом повідомлень між окремими процесами	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 8	Взаємодія процесів точка-точка	-	4	-	-	6

	Самостійна робота 8	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	3
11	Лекція 9	Групи і комунікатори. Віртуальні топології	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 9	Колективна взаємодія процесів	-	2	-	-	6
	Самостійна робота 9	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	2
12	Лекція 10	Задачі розробки паралельних алгоритмів	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 10	Задача філософів, що обідають. Задача постачальника-споживача.	-	4	-	-	6
	Самостійна робота 10	Проробка теоретичного матеріалу Підготовка до лабораторної роботи	-	-	-	9	3
13	Лекція 11	Виявлення паралелізму алгоритмів на основі аналізу графів.	2	-	-	-	-
	Лабораторне заняття 11	Виявлення паралелізму алгоритмів на основі аналізу графів.	-	2	-	-	6
14, 15	Самостійна робота 11	Підготовка до ПМК2	-	-	-	9	2
	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2	-	-	-	-	10
Всього за змістовий модуль 2: 60 год.			10	14	-	36	35
Всього з навчальної дисципліни 90 + 60 = 150 год.							100

5. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВІ МОДУЛЬНІ КОНТРОЛІ

Підсумковий модульний контроль 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 Амдаля ? 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 .

Підсумковий модульний контроль 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

Базова

1. Немнюгин С., Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем / С. Немнюгин, О. Стесик. – СПб.: "БХВ", 2002. – 396 с.
2. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: "БХВ", 2002. – 599 с.
3. Немнюгин С. Современный Фортран. Самоучитель / С. Немнюгин, О. Стесик. – СПб.: "БХВ", 2004. – 481 с.

Додаткова

1. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы / В.В. Корнеев. – М.: Нолидж, 1999. – 320 с.
2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. Учебное пособие / В.П. Гергель. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 260 с.

7. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ: <http://op.tsatu.edu.ua/enrol/index.php?id=1293>
2. Наукова бібліотека ТДАТУ <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>
3. Сайт кафедри <http://www.tsatu.edu.ua/kn/navchannja/dyscypliny-kafedry/>