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

Кафедра «Комп’ютерні науки»

ПОГОДЖЕНО	**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Гарант ОПП «Комп’ютерні науки»	В.о. завідувача кафедри КН
доц. Холодняк Ю.В..	к.пед.н. _____ Сергій Шаров
«_30__» _серпня_ 2023 р.	«_31__» серпня_ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Технології розподілених систем та паралельних обчислень»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 122 «Комп’ютерні науки» за ОПП 122 Комп’ютерні науки
(на основі повної загальної середньої освіти)
Факультет енергетики та комп’ютерних технологій

2023 – 2024 н.р.

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

Розробник: Сіциліцин Ю.О., доктор філософії, ст. викладач

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри "Комп'ютерні науки"

Протокол №1 від « 30 » серпня 2023 року

В.о. завідувача кафедри КН,

доц._____ _____ Сергій Шаров

« 30 » серпня 2023 р.

Схвалено методичною комісією факультету ЕКТ для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за ОПП 122 Комп'ютерні науки (на основі повної загальної середньої освіти)

Протокол № 1 від 31 серпня 2023 року

Голова, доц. Олександр ВОВК

«31» серпня 2023 року

© ТДАТУ, 2023 рік

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td colspan="2"><u>денна форма навчання</u>
(денна або заочна)</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів 4</td><td>Галузь знань:
<u>12 Інформаційні технології</u>
(шифр і назва)</td><td colspan="2"><u>Обов’язкова</u>
(обов’язкова або за вибором студента)</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 120</td><td rowspan="2">Спеціальність:
<u>122 Комп’ютерні науки</u></td><td>Курс</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>4-й</td><td>7-й</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Тижневе навантаження:
аудиторних занять – 3 год.
самостійна робота студента –9 год.</td><td rowspan="7">Ступінь вищої освіти:
<u>«Бакалавр»</u></td><td>Вид занять</td><td>Кількість годин</td></tr>
<tr><td>Лекції</td><td>10 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні заняття</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Практичні заняття</td><td>20 год.</td></tr>
<tr><td>Семінарські заняття</td><td>-</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td><td>90 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю:
<u>екзамен</u>
(екзамен або диференційований залік)</td></tr>
</table>

2 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета. 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.

Завданнями дисципліни є 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..

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'єктноорієнтованого, 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:

РН5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгорит-

мів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

РН8. 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.

РН13. 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.

РН6. 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; вести суперечки і відстоювати свою позицію, 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.

Міждисциплінарні зв’язки з урахуванням структурно-логічної схеми ОПП «Комп’ютерні науки».

Перелік навчальних дисциплін, знання з яких потрібні для вивчення освітньої компоненти ТРСПО: «Технології захисту інформації, «Комп’ютерні мережі», «Крос-платформне програмування».

Перелік навчальних дисциплін, вивчення яких у подальшому базується на матеріалі освітньої компоненти ТРСПО: «Виробнича практика».

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль № 1. Основи паралельних обчислень. Бібліотека OpenMP.

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.

Змістовий модуль 2. Основи роботи з MPI.

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.

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.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид занять	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб.	сем. (пр.)	СРС	
Змістовий модуль 1. ***Новітні механізовані технології виробництва продукції тваринництва***							
1	Лекція 1	Тема 1. Апаратні засоби паралельних обчислень	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 1	Створення проекту у Visual Studio	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 1	Підготовка до лекції 1 та практичного заняття 1	-	-	-	9	2+1
2	Практичне заняття 2	Перемноження квадратних матриць.	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 2	Підготовка до практичного заняття 2	-	-	-	7	1
3	Лекція 2	Тема 3. Основні конструкції OpenMP	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 3	Введення в OpenMP	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 3	Підготовка до лекції 2 та практичного заняття 3	-	-	-	9	1,5+1
4	Практичне заняття 4	Введення в OpenMP	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 4	Підготовка до практичного заняття 4	-	-	-	7	1
5	Лекція 3	Тема 5. Додаткові можливості OpenMP	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 5	Робота з пам’яттю в OpenMP.	-	-	2	-	3

	Самостійна робота 5	Підготовка до лекції 3 та практичного заняття 5	-	-	-	9	1,5+1
6,7	Самостійна робота 6	Підготовка до ПМК 1	-	-	-	4	-
	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1	-	-	-	-	10
Всього за змістовий модуль 1 - 60 год.			***6***	***-***	***10***	***44***	***35***
Змістовий модуль 2. ***Машини та обладнання для приготування кормів та особливості використання машин в тваринництві***							
8	Практичне заняття 6	Розпаралелювання циклів у OpenMP	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 7	Підготовка до практичного заняття 6	-	-	-	7	1
9	Лекція 4	Тема 7. Основні поняття. Загальні процедури MPI	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 7	Паралельне програмування з використанням MPI	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 8	Підготовка до лекції 4 та практичного заняття 7	-	-	-	10	2,5+1
10	Практичне заняття 8	Знайомство зі структурою MPI-програми та процедурами блокуючого двоточкового обміну MPI	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 9	Підготовка до практичного заняття 8	-	-	-	7	1
11	Лекція 5	Тема 9. Групи і комунікатори. Віртуальні топології	2	-	-	-	-
	Практичне заняття 9	Знайомство з процедурами буферизова-	-	-	2	-	3

		ного та неблокуючого двоточкового обміну MPI					
	Самостійна робота 10	Підготовка до лекції 5 та практичного заняття 9	-	-	-	10	2,5+1
12	Практичне заняття 10	Неблокуючий обмін у MPI	-	-	2	-	3
	Самостійна робота 11	Підготовка до практичного заняття 10	-	-	-	7	1
13,14	Самостійна робота 12	Підготовка до ПМК 2	-	-	-	5	-
	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2	-	-	-	-	10
Всього за змістовий модуль 2 - 60 год.			***4***	***-***	***10***	***46***	***35***
Екзамен							***30***
Всього з навчальної дисципліни - 120 год.							***100***

5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА 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 паракомпьютером 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 Сверхлінейний прискорення ?
13. 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 ?
18. З якою метою розглядається модифікований варіант даної схеми?
19. У чому полягає відмінність показників прискорення та ефективності для розглянутих варіантів каскадної схеми підсумовування ?
20. У чому полягає паралельний алгоритм обчислення всіх приватних сум послідовності числових значень ?
21. Як формулюється закон Амдаля ?
22. Який аспект паралельних обчислень дозволяє врахувати цей закон ?
23. Які припущення використовуються для обгрунтування закону Густавсона - Барсіса ?
24. Як визначається функція ізоеффективності ?
25. Який алгоритм є масштабованим ?
26. Наведіть приклади методів з різним рівнем масштабованості.

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВИНОСЯТЬСЯ НА 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.
26.Як визначається нерівномірність роздавання корму?

6 МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання, які використовуються в процесі проведення лекційних та практичних занять з навчальної дисципліни ТРСПО: лекції з використанням мультимедійних презентацій та проблемного викладання, робота в групах, розв’язування ситуаційних завдань, кейсів.

7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Жуков І., Корочкін О. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посібн. Київ: Корнійчук, 2014. 284 с.

2. Кузьма К. Т., Мельник О. В. Паралельні та розподілені обчислення: навчальний посібник для вищих закладів освіти. Миколаїв: ФОП Швець В.М., 2020. 172 с.

3. Минайленко Р. М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. 153 с.

4. Czech Z. J. Introduction to Parallel Computing. Cambridge: University Printing House, 2016. 364 p.

Допоміжна

5. Жуковський В. В., Жуковська Н. А., Харів Н. О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Оптимізація обчислень», «Паралельні та розподілені обчислення» для студентів спеціальностей 113 «Прикладна математика», 121 «Інженерія програмного забезпечення», 122 «Комп’ютерні науки». Рівне: НУВГП, 2017. 54 с..

8 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ: http://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=890
2. Наукова бібліотека ТДАТУ http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/
1. Сайт кафедри КН http://www.tsatu.edu.ua/kn/navchannja/dyscypliny-kafedry/