

Національний університет біоресурсів і природокористування України
Кафедра комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету інформаційних технологій



проф. О.Г. Глазунова
_____ 2023 р.

СХВАЛЕНО

на засіданні кафедри
комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки
Протокол № 10 від «17» травня 2023 р.

Касаткін
Завідувач кафедри
(доц. Касаткін Д.Ю.)

РОЗГЛЯНУТО

Гарант ОП
«Кібербезпека»

Гарант ОП
(проф. Лахно В.А.)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
“Паралельні та розподілені обчислення”

спеціальність 125 – «Кібербезпека»

освітня програма «Кібербезпека»

факультет інформаційних технологій

Розробник: доцент, к.т.н., доцент Самощенко О.В.

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	125 – Кібербезпека	
Освітня програма	Кібербезпека	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)	-	
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	4 (2023-2024)	
Семестр	1	
Лекційні заняття	30 год.	
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	30 год.	
Самостійна робота	90 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4 год.	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета - забезпечення сприяння формуванню знань щодо проектування та використання технічних засобів систем високопродуктивної обробки даних на основі принципів паралелізму, підготовки студентів в галузі застосування апаратних засобів та розробки програмного забезпечення систем паралельної обробки даних.

Завдання - теоретична і практична підготовка студентів щодо формування здатності створювати та аналізувати програмні компоненти комп'ютерних систем з використанням засобів підтримки паралельних комп'ютерних обчислювальних операцій

Набуття компетентностей:

Відповідно до освітньої програми підготовки фахівців за спеціальністю 125 «Кібербезпека» навчальна дисципліна забезпечує формування загальних і фахових компетентностей:

Загальні компетентності:

КЗ 8. Здатність до абстрактного і системного мислення, аналізу та синтезу.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК13. Здатність розробляти апаратне, алгоритмічне та програмне забезпечення, компоненти комп'ютерних систем захисту інформації..

Програмні результати навчання:

ПРН 55. Знати і розуміти наукові, математичні і фізичні положення, що лежать в основі функціонування систем захисту інформації.

ПРН 56. Вміти застосовувати знання для розв'язування задач аналізу та синтезу засобів, характерних для систем захисту інформації.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин													
	Денна форма							Заочна форма						
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Змістовий модуль 1. Паралелізм в системах з загальною пам'яттю.														
Тема 1. Визначення паралелізму та розподіленості обчислень	1	6	2				6							
Тема 2. Програмування із OpenMP.	2	8	2		2		6							
Тема 3. Розпаралелення по задачам із застосуванням OpenMP	3	8	2		2		6							
Тема 4. Керування розподілом ітерацій із застосуванням OpenMP	4	10	2		4		6							
Тема 5. Узгодження паралельних обчислень	5	6	2				6							
Разом за змістовим модулем 1		48	10		8		30							
Змістовий модуль 2. Паралелізм в системах з розподіленою пам'яттю.														
Тема 6. Програмування із MPI	6	10	2		4		6							
Тема 7. Колективні взаємодії в MPI	7	8	2		2		6							
Тема 8. Похідні типи даних в MPI	8	10	2		4		6							
Тема 9. Моделі комп'ютерних систем з паралельними та розподіленими обчисленнями	9	6	2				6							
Тема 10. Переналаштування в MPI	10	10	2		4		6							
Разом за змістовим модулем 2		54	10		14		30							
Змістовий модуль 3. Гетерогенні обчислення.														
Тема 11. Головні положення з гетерогенних обчислень	11	6	2				6							
Тема 12. Програмування із CUDA	12	10	2		4		6							
Тема 13. Програмування із OpenCL	13	10	2		4		6							
Тема 14. Метрики паралельних обчислень	14	6	2				6							
Тема 15. Методика надання паралелізму комп'ютерним обчисленням	15	6	2				6							
Разом за змістовим модулем 3		48	10		8		30							
Усього годин за курс		150	30		30		90							

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено робочим навчальним планом	

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено робочим навчальним планом	

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вказання на паралелізм в програмі з використанням OpenMP	2
2.	Розподілення обчислень між паралельними секціями в програмі з OpenMP	2
3.	Розподілення обчислень циклу в програмі з OpenMP	4
4.	Обмін повідомленнями між окремими процесами з використанням MPI	4
5.	Застосування колективних взаємодій у MPI	2
6.	Похідні типи даних в MPI	4
7.	Віртуальні топології в MPI	4
8.	Вказання на паралелізм в програмі з використанням CUDA	4
9.	Вказання на паралелізм в програмі з використанням OpenCL	4
	Разом	30

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікації комп'ютерних систем. Технічні характеристики комп'ютерних систем. Приклади застосування комп'ютерних MIMD-систем. Методика обробки даних векторними командами.	6
2	Налагодження програми з OpenMP. Правила застосування директиви Parallel OpenMP. Керування друком повідомлень. Визначення номеру потоку. Розрахунок часу виконання паралельної програми.	6
3	Налагодження програми з директивою sections OpenMP. Дослідження паралельного обчислення контрольного виразу із застосуванням секцій.	6
4	Налагодження програми з директивою parallel for OpenMP. Дослідження паралельного обчислення контрольного виразу із застосуванням ітераційного паралелізму.	6
5	Проаналізувати синхронізацію на прикладах розв'язання «класичних задач»: -«Виробники-Споживачі» (Producer-Consumer problem), -«Читачі-Письменники» (Readers-Writers problem), -«Філософи, які обідають» (Dining Philosopher problem), -«Цирульник, який спить» (Sleeping Barber problem).	6
6	Налагодити режим роботи з використанням MPI. Апробувати роботу з MPI на прикладах - програма для визначення номеру процесу, виведення номеру процесу і кількості активних процесів, характеристик системного таймеру (роздільну здатність і час, необхідний на виконання окремих дій)	6
7	Протестувати програму обчислення суми ряду, для чого забезпечити контрольний друк початкових значень чисел масиву, друк чисел в масивах процесів та обчислення суми іншим довільним способом. Розробити програму обчислення суми ряду при довільному розміру матриці та кількості процесів, формат чисел – з рухомою комою. Порівняти швидкодію роботи програм.	6
8	Завершити створення програми розсилки різнотипних даних (допускається зміна характеристик початкових даних). Проаналізувати процедуру	6

	опрацювання різнотипних даних. Надати графічне пояснення щодо результатів роботи програми розсилки різнотипних даних.	
9	Приклади використання топології. Кодування вузлів у гіперкубі. Схемотехнічна реалізація арбітражу в топології Bus та Crossbus. Багатошинна динамічна топологія. Схемотехнічна реалізація комутаторів. Приклади багатоступеневої динамічної топології мережі, що блокує. Приклади багатоступеневої динамічної топології, що не блокує. Приклади багатоступеневої динамічної топології, що ре конфігурує.	6
10	Проаналізувати процедуру створення програм з різними групами і комунікаторами. Застосувати різні топології паралельних системи: (декартова, графова) при розв'язанні прикладу обчислення математичного виразу. Надати графічне пояснення щодо результатів роботи програми.	6
11	Приклади гетерогенних комп'ютерних систем з графічними процесорами на базі SIMD-архітектури.	6
12	Аналіз методики ефективної генерації програмного коду з CUDA.	6
13	Аналіз методики ефективної генерації програмного коду з OpenCL.	6
14	Приклади застосування законів Амдала, Густавсона для оцінки параметрів паралельних обчислень.	6
15	Приклади застосування методики розпаралелення для реалізації матричних перетворень та сортування даних.	6
	Разом	90

8. Зразки контрольних питань

1. Вказати на параметри кластерної обчислювальної системи за умови використання всередині кожного кластера окремого роутера для з'єднання обчислювальних елементів:

- кількість кластерів,
- загальну кількість ліній зв'язку між кластерними вузлами,
- кількість ліній зв'язку між обчислювальними елементами у кластерних вузлах загалом,
- усього зв'язків,
- найбільший час (в умовних тактах) передачі повідомлення між окремими кластерами та між окремими обчислювальними елементами системи

при наступних показниках:

- топологія – гіперкуб,
- загальна кількість обчислювальних елементів – 32768,
- кількість обчислювальних елементів у кожному кластерному вузлі – 4.

Для порівняння вказати на загальну кількість ліній зв'язку для некластерної системи топології гіперкубу за наявності аналогічної кількості обчислювальних елементів.

2. Відповідно до закону Амдала визначити послідовну частку обчислень, яка можлива у паралельній системі, загальна протяжність обчислень в якій дорівнює 94с. В системі без паралелізму протяжність обчислень дорівнює 8920с. Розрахунок виконати для двох топологій системи – кластерної та некластерної.

3. Вказати на пришвидшення та ефективність паралельного алгоритму обчислення значень виразу $y=2ac+a^3+5b/e-d^2$ відповідно до послідовного за умови:

- кількість обчислювальних елементів = 64

- довжина вектору значень кожного із початкових операндів = 256

Вказати на параметри обчислень, за умови наявності яких забезпечується значення параметру ефективності, що дорівнює 0.7.

9. Методи навчання

Проведення лекцій з використанням технічних засобів навчання.

Виконання лабораторних робіт з використанням наочних технічних засобів навчання у вигляді систем моделювання за допомогою інженерних пакетів проектування цифрових пристроїв.

Проведення самостійної роботи засобами інформаційно-комунікаційних технологій в освіті.

Використовується електронний навчальний курс на платформі Moodle.

10. Форми контролю

Захист результатів виконання лабораторних робіт.

Контрольне тестування відповідно до кожного змістовного модуля, що створений у комп'ютерному навчальному середовищі.

Підсумкова атестація: екзамен.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (наказ про уведення в дію від 03.03.2021 р. протокол № 7):

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка національна за результати складання екзаменів заліків	
	Екзамен	Залік
90-100	Відмінно	зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	незадовільно	не зараховано

Для визначення рейтингу студента із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації $R_{\text{АТ}}$ (до 30 балів) додається до рейтингу студента з навчальної роботи $R_{\text{НР}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{НР}} + R_{\text{АТ}}$.

Оцінка виконання та захисту лабораторних робіт за кожний модуль здійснюється у наступній відповідності:

№ лабораторної роботи	Кількість балів	Загальна кількість балів
1 модуль		
Лабораторна робота № 1	20	70
Лабораторна робота № 2	20	
Лабораторна робота № 3	30	
2 модуль		
Лабораторна робота № 4	20	70
Лабораторна робота № 5	10	
Лабораторна робота № 6	20	
Лабораторна робота № 7	20	
3 модуль		
Лабораторна робота № 8	35	70
Лабораторна робота № 9	35	

12. Навчально-методичне забезпечення

Електронний навчальний курс на платформі Moodle вміщує методичне забезпечення включаючи: лекції, презентації до лекцій, методичні вказівки до виконання лабораторних робіт, глосарій термінів тощо.

13. Рекомендовані джерела інформації

Базова

1. Roman, Trobec. (2018) Introduction to Parallel Computing. From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms / Roman, Trobec, Boštjan Slivnik, Patricio Bulić, Borut Robič. (Springer Nature Switzerland AG 2018).
2. Tanenbaum, Andrew S. (2013) Structured computer organization / Andrew S. Tanenbaum, Todd Austin. -- 6th ed. (Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall).
3. Patterson, David A. (2014) Computer organization and design: the hardware/software interface / David A. Patterson, John L. Hennessy. - 5th ed. (The Morgan Kaufmann series in computer architecture and design).
4. Stallings, William. (2016) Computer organization and architecture : designing for performance / William Stallings. - 10th ed. (Pearson Education, Inc., Hoboken).

Допоміжна

1. Gregory R. Andrews. (2000) Foundations of Multithreaded, Parallel and Distributed Programming. Addison Wesley Longman, Inc
2. Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual

Інформаційні ресурси

1. <https://www.openmp.org/>
2. <https://computing.llnl.gov/tutorials/openMP/>
3. <https://sourceforge.net/projects/mingw-w64/>
4. <http://mingw-w64.org/doku.php>
5. <https://www.gnu.org/software/software.html>
6. <https://docs.microsoft.com/en-us/message-passing-interface/microsoft-mpi>
7. <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/windowshpc/>
8. <https://docs.microsoft.com/en-us/archive/blogs/windowshpc/how-to-compile-and-run-a-simple-ms-mpi-program>