


НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кафедра комп'ютерних наук


«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету інформаційних
технологій
Олена ГЛАЗУНОВА
« 20 09 » 20 23 р.



«СХВАЛЕНО»
на засіданні кафедри комп'ютерних наук
Протокол № 12 від « 01 » 06 20 23
р.
Завідувач кафедри
Белла ГОЛУБ



«РОЗГЛЯНУТО»
Гарант ОП «Комп'ютерні науки»
Гарант ОП
Олена ГЛАЗУНОВА



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ Технології розподілених систем та паралельних обчислень

Спеціальність : 122 «Комп'ютерні науки»

Освітня програма: «Комп'ютерні науки»

Факультет: інформаційних технологій

Розробник: професор кафедри комп'ютерних наук, д.т.н. Хиленко В. В.

Київ 2023

**Опис навчальної дисципліни
«Технології розподілених систем та паралельних обчислень»**

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Галузь знань	12 Інформаційні технології	
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	122 – Комп'ютерні науки	
Освітня програма	Комп'ютерні науки	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов'язкова	
Загальна кількість годин	150	
Кількість кредитів ECTS	5	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект		
Форма контролю	Екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Курс (рік підготовки)	2	
Семестр	4	
Лекційні заняття	30 год.	
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	30 год.	
Самостійна робота	90 год.	
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	4 год.	

1. Мета, завдання та компетентності навчальної дисципліни

Мета: надання теоретичних та практичних знань з побудови складних високопродуктивних паралельних та розподілених систем обробки даних.

Завдання: полягає в отриманні навичок студентом з реалізації систем розподілених об'єктів та паралельного програмування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: архітектуру та програмне забезпечення високопродуктивних паралельних та розподілених обчислювальних систем, чисельних методів і алгоритмів для паралельних структур.

вміти: виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи і алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці й експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

Інтегральна компетентність (ІК):

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності у галузі інформаційних технологій, володіння навичками роботи з комп'ютером для вирішення задач проектування та програмування інформаційних систем.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях, насамперед, пов'язаних з природоохоронною галуззю.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності, насамперед, пов'язаних з природоохоронною галуззю.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

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

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Фахові (спеціальні) компетентності (СК):

СК16. 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 (ПРН):

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. Програма та структура навчальної дисципліни для: повного терміну денної форми навчання;

Змістовий модуль 1. Основи паралельних обчислень: характеристика та застосування

Тема лекційного заняття 1. Цілі та задачі паралельних обчислень. Проблеми використання паралелізму.

Обмеження максимальної продуктивності однопроцесорних ПК. Постійна необхідність розв'язку задач, які перевищують можливості сучасних ПК (проблеми «великого виклику»). Необхідність колективного режиму розв'язку задач. Автоматизація управління розподілених технічних систем. Технічні вимоги по зниженню вартості та збільшенню надійності. Відмінність багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень. Існування послідовних алгоритмів (закон Амдаля). Збільшення продуктивності послідовних комп'ютерів (закон Мура). Втрати на взаємодію та передачу даних (гіпотеза Мінського). Висока вартість паралельних систем (закон Гроша). «Послідовність» існуючих алгоритмів і програмного забезпечення. Складність розробки паралельних алгоритмів. Трудомісткість перевірки правильності паралельних програм.

Тема лекційного заняття 2. Класифікація багатопроцесорних обчислювальних систем. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень.

Класифікація Фліна. Потоки даних і команд. Класифікація Шора. Структурна нотація Хокні та Джесхоупа. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень: багатопроцесорні системи (з спільною та розподіленою пам'яттю, симетричні мультипроцесори SMP, масивно-паралельні комп'ютерні системи MPP), багатоядерні системи, кластерні системи, grid-системи, багатоядерні графічні процесори. Приклади сучасних високопродуктивних обчислювальних систем. Суперкомп'ютерні обчислювальні системи в Україні та світі.

Тема лекційного заняття 3. Оцінка ефективності паралельних обчислень. Загальні принципи побудови паралельних алгоритмів і програм.

Показники ефекту розпаралелення (прискорення, продуктивність, ефективність). Способи оцінки показників. Максимальна (пікова) продуктивність. Залежність ефективності паралельних обчислень від особливостей апаратури (архітектура, кількість процесорів, топологія каналів передачі даних). Розпаралелення обчислень на рівні команд, виразів, програмних модулів, задач. Вибір паралельного алгоритму. Реалізація алгоритму в виді паралельної програми. Декомпозиція алгоритму на блоки, що виконуються паралельно. Розподіл задач по процесорах і балансування. Організація взаємодії. Поняття процесу. Синхронізація паралельних процесів: семафори, м'ютекси, події, бар'єри. Концепція ресурсу. Взаємовиключення паралельних процесів: алгоритм Деккера, семафори Дейкстра, монітори Вірта. Взаємодія паралельних процесів. Передача повідомлень: черги, поштові ящики, порти. Проблеми взаємодії процесів. Поняття тупика та умови його виникнення. Запобігання тупиків.

Виявлення тупиків і відновлення стану процесів. Багатозадачний режим роботи ПК як окремий випадок паралельної обробки.

Змістовий модуль 2. Програмні засоби для реалізації паралельних обчислень

Тема лекційного заняття 4. Програмні засоби розробки паралельних програм.

Мови паралельного програмування. Використання спеціалізованих мов паралельного програмування (Occam). Застосування паралельних розширень існуючих алгоритмічних мов (HPF). Побудова паралельного програмного забезпечення на основі існуючих послідовних програм з використанням засобів предкомпіляції (технологія OpenMP). Використання технологічних (інструментальних) бібліотек паралельного програмування (бібліотеки MPI і PVM). Мови паралельного програмування на основі розділеного глобально-адресного простору (UPC, CAF, Chapel, X10). Технологія DVM і мова програмування T++. Технології розробки паралельних програм для графічних процесорів (CUDA, OpenCL). Організація паралельних обчислень в математичних пакетах (на прикладі MatLab). Загальна характеристика проблеми тестування і відлагодження паралельних програм.

Тема лекційного заняття 5. Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю.

Загальна характеристика стандарту OpenMP. Створення паралельних областей. Розподіл обчислювального навантаження між потоками. Робота з даними. Синхронізація. Функції та змінні оточення. Загальна характеристика середовища виконання.

Тема лекційного заняття 6. Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI.

Система MPI. Загальна характеристика. Підтримка моделі взаємодії паралельних обчислень за допомогою передачі повідомлень. Управління даними. Управління процесами. Загальна характеристика середовища виконання. Основні програмні примітиви системи MPI. Приклад використання.

Тема лекційного заняття 7. Технологія розробки паралельних програм для процесорів нових архітектур.

Можливі переваги обчислень на графічному процесорі. Засоби розробки для графічного процесора. Використання технології CUDA для обчислень на графічних процесорах. Модель програмування. Модель виконання та ієрархія потоків. Ієрархія пам'яті. Інтерфейс програмування CUDA. Специфікатори типів змінних і функцій. Вбудовані змінні. Конфігурування виконання ядер. Синхронізація. Управління пам'яттю. Загальні принципи обчислень на базі технології CUDA. Використання OpenCL для обчислень на графічних процесорах.

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма					заочна форма						
	всього	у тому числі					всього	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
Змістовий модуль 1. Основи паралельних обчислень характеристика та застосування												
Цілі та задачі паралельних обчислень. Проблеми використання паралелізму.	14	2		2		10						
Класифікація багатопроесорних обчислювальних систем. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень.	23	4		4		15						
Оцінка ефективності паралельних обчислень. Загальні принципи побудови паралельних алгоритмів і програм	23	4		4		15						
Разом за змістовим модулем 1	60	10		10		40						
Змістовий модуль 2. Програмні засоби для реалізації паралельних обчислень												
Програмні засоби розробки паралельних програм.	20	5		5		10						
Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю.	20	5		5		10						
Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI.	25	5		5		15						
Технологія розробки паралельних програм для процесорів нових архітектур.	25	5		5		15						
Разом за змістовим модулем 2	90	20		20		50						
Всього	150	30		30		90						

3. Теми семінарських занять

Не передбачено програмою

4. Теми практичних занять

Не передбачено програмою

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Організація багатозадачності в середовищі ОС Windows за допомогою процесів і потоків.	2
2	Синхронізація потоків у середовищі ОС Windows.	4
3	Використання хмарних технологій для обчислень	4
4	Загальні і приватні змінні в OpenMP. Розпаралелювання циклів у OpenMP Паралельні секції та гонка потоків у OpenMP	5
5	Ознайомлення з бібліотеками паралельного програмування MPI	5
6	Асинхронні та синхронні процедури передачі MPI повідомлень між паралельними обчислювальними процесами	5
7	Дослідження механізмів колективної взаємодії. Реалізація механізмів блокувань та бар'єрів між паралельними процесами.	5
	Всього	30

6. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Метакомп'ютинг як велика розподілена система	10
2	Особливості розподілення задач і передачі даних.	15
3	Провайдери хмарних послуг. Характерні ознаки хмарних обчислень. Моделі надання послуг за допомогою хмари (cloud).	15
4	Історія виникнення Grid. Концепція Grid.	10
5	Визначення критеріїв оптимального розміщення програми на процесори паралельного комп'ютера	10
6	Гонкозернисте та грубозернисте розміщення паралельних програм.	15
7	Статичне та динамічне розміщення програм на процесори паралельного комп'ютера	15
	Всього	90

7. Зразки контрольних питань, тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Що таке кластер в ІТ-галузі? Яке формулювання є найбільш точним?

1. Об'єднання кількох однорідних елементів, яке може розглядатися як самостійна одиниця, що володіє певними властивостями.
2. Об'єднання ряду комп'ютерів в єдиний обчислювальний комплекс.
3. Група комп'ютерів, об'єднаних по можливості високошвидкісними каналами зв'язку, яка представляє з точки зору користувача єдиний апаратний ресурс.
4. Об'єднання кількох різнорідних елементів.

A – 2	B – 3
C – 1-4	D – 1-3

2. Назвіть шляхи організації паралельних обчислень.

1 –	2 -
3 –	4 -

3. Вказати відповідність абрєвіатури і повної назви класу обчислювальної системи

1. Обчислювальна система з одиночним потоком команд і множинним потоком даних.
2. Обчислювальна система з множинним потоком команд і множинним потоком даних.
3. Обчислювальна система з множинним потоком команд і одиночним потоком даних.
4. Обчислювальна система з одиночним потоком команд і одиночним потоком даних.

A – SIMD, Single Instruction, Multiple Data	B – MISD, Multiple Instruction, Single Data
C – MIMD, Multiple Instruction, Multiple Data	D – SISD, Single Instruction, Single Data

4. Закінчить речення: «В ОК із загальною пам'яттю значення записане в пам'ять одним із процесорів

1. безпосередньо доступно для інших процесорів.
2. доступно для визначеної групи процесорів.
3. доступно для інших процесорів після дозволу процесора який зробив запис.
4. доступно тільки для процесора який зробив запис у загальній пам'яті.

A – 4	B – 1
C – 3	D – 1-2

8. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи навчання:

М1. Лекція (інтерактивна, проблемна)

М2. Лабораторна робота

М3. Проблемне навчання

М4. Проектне навчання (індивідуальне, малі групи, групове)

М5. Онлайн навчання

9. Форми контролю

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи контролю:

МК1. Тестування

МК2. Контрольне завдання

МК4. Методи усного контроль

МК5. Екзамен

10. 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 26.04.2023 р. протокол № 8)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

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

11. Навчально-методичне забезпечення

1. Електронний навчальний курс, розроблений на базі платформи LMS Moodle, розміщений на навчальному порталі факультету інформаційних технологій за адресою:

<https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=1983>

2. ПОЛОЖЕННЯ про екзамени та заліки у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, затверджене Вченою радою НУБіП України, протокол № 8 від «26» квітня 2023 р.

12. Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підручник / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с.
2. Згуровський М.З., Петренко А.І. Е-наука на шляху до семантичного Грід. Частина 1: Об'єднання Web- і Грід- технологій // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №1, 2010. - С. 26-38.
3. Згуровський М.З., Петренко А.І. Е-наука на шляху до семантичного Грід. Частина 2: Семантичний Web- і семантичний Грід // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №2, 2010. - С. 7-25.
4. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 672 С.
5. Ахо А., Хопкрофт Д., Ульман Д. Структуры данных и алгоритмы.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 384 С.
- 6.
7. Эндрюс Г. Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 С.

Додаткові

1. G. Amdahl. Validity of the single-processor approach to achieving large-scale computing capabilities. // Proc. 1967 AFIPS Conf., AFIPS Press. – 1967. – V. 30. – P. 483.
2. Foster I. Designing and Building of Parallel Programs. – Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.
3. Dongarra J., Walker D., and others. ScaLAPACK Users' Guide. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997.
4. D. P. Bovet, M. Cesati, Understanding the Linux Kernel, #rd Edition, O'Reilly, 2005.
5. А.Ю. Дорошенко, В.М. Кислоокій, О.Л. Синявський. Архітектура і операційні середовища комп'ютерних систем. Методичний посібник і конспект лекцій.- Київ: НАУКМА, 2005.
6. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навч. посібник / Вступ. Слово А. Ройтера; Пер. з нім. В.А.Святного. – К.: Вища школа, 1997.– 358 С.
7. Кулаков А.Ю., Клименко І.А. Спосіб формування структури віртуальної GRID системи // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: Век+, 2009. – № 50. - С. 97-100.
8. Кулаков О.Ю., Бролінський С.М., Ашаєв Ю.М. Динамічне створення

віртуальних GRID систем для вирішення розподілених задач на основі менеджера ресурсів // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, 2009. – № 51. - С. 125-129.

9. Кулаков О.Ю., Бролінський С.М., Ашаєв Ю.М. Динамічне створення віртуальних GRID систем для вирішення розподілених задач на основі менеджера ресурсів // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: Зб. наук. пр. – К.: Век+, 2009. – № 51. - С. 125-129.

10. Петренко А.І. Grid-інтелектуальна обробка даних // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №4, 2008. - С. 97-110.

11. Петренко А.І. Національна Grid-інфраструктура для забезпечення наукових досліджень і освіти // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №1, 2008. - С.79-92.

Інформаційні ресурси

1. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. – Version 1.1. – <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>

2. Portable Batch System. – <http://www.openpbs.org>

3. ScaLAPACK Users' Guide. – http://www.netlib.org/scalapack/scalapack_home.html

4. The OpenMP Application Program Interface (API). – <http://www.openmp.org>