

Кафедра комп'ютерних наук



Глазунова О.Г.
2022 р.

р.

«СХВАЛЕНО»

на засіданні кафедри комп'ютерних наук

Протокол № ____ від «__» ____ 20__ р.

Завідувач кафедри

Б. Л. Голуб

«РОЗГЛЯНУТО»

Гарант ОП 122 «Комп'ютерні науки»

Глазунова О.Г.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Технології розподілених систем та паралельних обчислень

ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА

«Комп'ютерні науки»

за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки»

галузі знань 12 «Інформаційні технології»

Факультет інформаційних технологій

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

Київ 2022

1. Опис навчальної дисципліни
«Технології розподілених систем та паралельних обчислень»

Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь		
Галузь знань	Інформаційні технології	
Спеціальність	122 – Комп’ютерні науки	
Освітня програма	Комп’ютерні науки	
Освітній ступінь	Бакалавр	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Обов’язкова	
Загальна кількість годин	135	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект		
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	2	3
Семестр	4	
Лекційні заняття	15 год.	4 год.
Практичні, семінарські заняття		
Лабораторні заняття	30 год.	12 год.
Самостійна робота	90 год.	74 год.
Індивідуальні завдання		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних самостійної роботи студента –	4 год.	

2. Мета та завдання 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.

Навчальна дисципліна забезпечує формування ряду загальних та спеціальних (фахових, предметних) компетентностей:

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.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

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

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК9. Здатність працювати в команді. ЗК10. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК12. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен показати певні **програмні результати**, а саме:

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.

3. Програма та структура навчальної дисципліни

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.

4. Структура навчальної дисципліни

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.	17	2		2		15						
Класифікація багатопроцесорних обчислювальних систем. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень.	19	2		4		15						
Оцінка ефективності паралельних обчислень. Загальні принципи побудови паралельних алгоритмів і програм	19	2		4		15						
Разом за змістовим модулем 2	55	6		10		45						
Змістовий модуль 3. Основи паралельних обчислень												
Програмні засоби розробки паралельних програм.	18	3		5		10						
Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю.	17	2		5		10						
Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI.	15	5		5		5						
Технологія розробки паралельних програм для процесорів нових архітектур.	15	5		5		5						
Разом за змістовим модулем 3	65	9		20		45						
Всього	135	15		30		90	60	4		12		74

5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Організація багатозадачності середовищі ОС Windows в 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.	10
3	Провайдери хмарних послуг. Характерні ознаки хмарних обчислень. Моделі надання послуг за допомогою хмари (cloud).	10
4	Історія виникнення Grid. Концепція Grid.	10
5	Визначення критеріїв оптимального розміщення програми на процесори паралельного комп'ютера	10

6	Тонкозернисте та грубозернисте розміщення паралельних програм.	5
7	Статичне та динамічне розміщення програм на процесори паралельного комп'ютера	5
	Всього	60

7. Методи навчання

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи навчання:

М1. Лекція (інтерактивна, проблемна)

М2. Лабораторна робота

М3. Проблемне навчання

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

8. Форми контролю

При викладанні навчальної дисципліни використовуються такі методи контролю:

МК1. Тестування

МК2. Контрольне завдання

МК4. Методи усного контроль

МК6. Залік

9. Розподіл балів, які отримують студенти

Критерії оцінки виконання навчальних завдань є одним з основних способів перевірки знань, умінь і навичок студентів з дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень». При оцінці завдань за основу слід брати повноту і правильність їх виконання. Необхідно враховувати такі вміння і навички студентів:

- диференціювати, інтегрувати та уніфікувати отримані знання;
- викладати матеріал логічно й послідовно;
- користуватися додатковою літературою.

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 введення в дію від 27.12.2019 р. № 1371).

Рейтинг здобувача вищої освіти, 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): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$.

10. 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>

11. Рекомендована література

Базова

1. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підручник / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с.
2. Антонов А.С. Введение в параллельные вычисления. – М. Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ, 2002. – 68 С.
3. Ахо А., Хопкрофт Д., Ульман Д. Структуры данных и алгоритмы.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 384 С.
4. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. / Богачев К.Ю. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
5. Воеводин В. В., Воеводин Вл. В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608 С.
6. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений/Гергель В.П. – М.:ИНТУИР.РУ Интернет-Университет Информационных технологий, 2007.
7. 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.
8. 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.
9. Хьюз К., Хьюз Т. Параллельное и распределенное программирование с использованием C++.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 672 С.
10. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Пособие по программированию для многопроцессорных систем в стандарте MPI. – Минск: Белорусский государственный университет, 2002. – 323 С.
11. Э.Таненбаум. Распределенные системы. Принципы и парадигмы – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.

12. Эндрюс Г. Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 С.

Додаткова

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. Кислоокый, 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. Букатов А. А., Дацюк В. Н., Жегуло А. И. Программирование многопроцессорных вычислительных систем. - Ростов-на-Дону: Издательство ООО «ЦВВР», 2003. - 208 С.
8. Воеводин В. В. Математические модели и методы в параллельных процессах. – М.: Наука, 1986. – 296 С.
9. Гэри М., Джонсон Д. Вычислительные машины и труднорешаемые задачи. – М.: Мир, 1982. – 416 с.
10. Коновалов Н., Крюков В., Погребцов А., Сазанов Ю. C-DVM – язык разработки мобильных параллельных программ // Программирование. – 1999. – № 1. – С. 20-28.
11. Корнеев В.В. Параллельные вычислительные системы. М.: Нолидж, 1999. 320 с.
12. 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.
13. 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.
14. 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.

15. Паралельная обработка информации: В 5-ти томах / АН УССР. Физ. – мех. институт. – К.: Наукова думка, 1984-1990. – Т.5: Проблемно-ориентированные и специализированные средства обработки информации / Аксенов А.И., Аристов В.В., Барзилович Е.Ю. и др.; Под ред. Малиновского Б.Н. и Грищика В.В. – 504 С.
16. Петренко А.І. Grid-інтелектуальна обробка даних // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №4, 2008. - С. 97-110.
17. Петренко А.І. Національна Grid-інфраструктура для забезпечення наукових досліджень і освіти // Системні дослідження та інформаційні технології. - Київ, №1, 2008. - С.79-92.
18. Рапаралеливание алгоритмов обработки информации. Том 1 / Под. ред. А.Н. Свенсона. – Киев: Наукова думка, 1985. – 280 С.
19. Рихтер Дж. Windows для профессионалов: создание эффективных Win32 приложений с учетом специфики 64-разрядной версии Windows/Рихтер Дж. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
20. С.Немнюгин, О.Стесик. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. - Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2002
21. Уолтон Ш. «Создание сетевых приложений в среде Linux»/Уолтон Ш. 2001.
22. Э. Таненбаум. Архитектура компьютера. – Санкт-Петербург: Питер, 2002.

12. Інформаційні ресурси

1. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. – Version 1.1. – <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>
2. MPI: The Message Passing Interface. – http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html
3. Portable Batch System. – <http://www.openpbs.org>
4. ScaLAPACK Users' Guide. – http://www.netlib.org/scalapack/scalapack_home.html
5. The OpenMP Application Program Interface (API). – <http://www.openmp.org>
6. Информационно-аналитический сервер Лаборатории Параллельных Информационных Технологий НИВЦ МГУ. <http://parallel.ru/>