

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор

науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО

2022 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

Багатопроцесорні та розподілені обчислювальні системи

рівень вищої освіти другий (магістерський)

галузь знань 12 «Інформаційні технології»

спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

освітня програма Комп'ютерна інженерія

вид дисципліни за вибором

факультет комп'ютерних наук

2022 / 2023 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою факультету комп'ютерних наук

«28» червня 2022 року, протокол №10

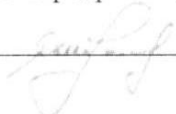
РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри теоретичної та прикладної системотехніки **Толстолузька Олена Геннадіївна,**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теоретичної та прикладної системотехніки **Бакуменко Ніна Станіславівна.**

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної системотехніки
Протокол від «11» червня 2022 року, №12

Завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

 Сергій ШМАТКОВ.

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

Гарант освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

 Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук
Протокол від «24» червня 2022 року № 9

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


підпис

Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Багато процесорні та розподілені обчислювальні системи» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого (магістерського) рівня спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітньої програми «Комп'ютерна інженерія».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Мета курсу складається у вивченні математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для багато процесорних обчислювальних систем в об'ємі, достатньому для успішного початку робіт в галузі паралельного програмування.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- вивчення математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для багато процесорних обчислювальних систем;
- ознайомлення зі стандартом MPI передачі повідомлень;
- ознайомлення з технологією PVM розробки паралельних програм для багато процесорних систем з розподіленою пам'яттю;
- вивчення математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для багатоядерних обчислювальних систем;
- ознайомлення з технологією Open MP паралельного програмування для багато процесорних обчислювальних систем з загальною пам'яттю;
- отримання навичок розробки паралельних Open MP програм для багато процесорних систем з загальною пам'яттю;
- розгляд основних паралельних алгоритмів для рішення типових задач обчислювальної математики.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням.

ЗК02. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність до творчого, креативного і абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК06. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

ЗК07. Здатність розробляти проекти і управляти ними.

ЗК08. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК09. Здатність працювати як індивідуально, так і в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

ФК01 Здатність обґрунтовано обирати та застосовувати фундаментальні знання і моделі, а також технології створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язування складних професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії.

ФК03. Здатність до дослідження, системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень.

ФК04. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань комп'ютерної інженерії.

ФК05. Здатність досліджувати, розв'язувати складні професійні завдання і проблеми на основі розуміння технічних аспектів забезпечення контролю якості продукції.

ФК06. Здатність досліджувати, розробляти та впроваджувати засоби і системи автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ФК07. Здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК10. Здатність проводити та організовувати, планувати науково-дослідницьку діяльність в сфері комп'ютерної інженерії, відповідно вітчизняним та світовим стандартам і вимогам.

ФК11. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

ФК14. Здатність здійснювати наукові та/або прикладні дослідження у галузі комп'ютерної інженерії із застосуванням сучасних експериментальних і теоретичних методів моделювання процесів, критично оцінювати результати досліджень та інновацій, презентувати результати досліджень та формувати науково-технічну звітність.

1.3. Кількість кредитів – 6

1.4. Загальна кількість годин – 180

| 1.5. Характеристика навчальної дисципліни | |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|
| За вибором | |
| Денна форма навчання | Заочна (дистанційна) форма навчання |
| Рік підготовки | |
| 1-й | -й |
| Семестр | |
| 1-й | -й |
| Лекції | |
| 32 год. | год. |
| Практичні, семінарські заняття | |
| 0 год. | год. |
| Лабораторні заняття | |
| 16 год. | год. |
| Самостійна робота | |
| 132 год. | год. |
| Індивідуальні завдання | |
| 0 год. | |

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми, студенти мають досягти таких результатів навчання:

знати:

- мету й задачі паралельної обробки даних;
- принципи побудови паралельних обчислювальних систем;
- моделювання й аналіз паралельних обчислень;
- принципи розробки паралельних алгоритмів і програм;
- системи розробки паралельних програм;
- паралельні чисельні алгоритми для рішення типових задач обчислювальної математики.

вміти:

- розробляти моделі паралельних обчислень;
- проводити аналіз комунікаційної трудомісткості паралельних алгоритмів;
- застосовувати технологію розробки паралельних програм для багатопроцесорних систем з розподіленою пам'яттю (стандарт передачі повідомлень MPI);
- застосовувати технологію розробки паралельних програм для багатопроцесорних систем з загальною пам'яттю (Open MP);
- оцінювати ефективність розроблених паралельних програм, враховуючи основні показники ефективності: час виконання паралельної програми, прискорення, ефективність та вартість розв'язувати задачі апроксимації, оптимізації;
- вміти адаптувати паралельні програми для виконання на кластерних системах.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі *програмні результати навчання (ПРН)*.

ПРН01. Знати і розуміти сучасні методи наукових досліджень, організації та планування експерименту, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН02. Знати і розуміти наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування програмних і програмно-технічних комп'ютерних засобів, систем та мереж, Інтернету речей, систем для оброблення великих даних.

ПРН03. Знати та розуміти вплив науково-технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.

ПРН04. Знати і розуміти принципи системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень.

ПРН06. Мати фундаментальні знання і розуміння моделей, а також технологій створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення розв'язування професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії.

ПРН09. Вміти застосовувати знання для аналізу інженерних продуктів, процесів і систем за встановленими критеріями, ідентифікації, формулювання і розв'язування науково-технічних задач комп'ютерної інженерії, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН11. Мати навички автономного і самостійного навчання у сфері комп'ютерної інженерії і дотичних галузей знань, аналізувати власні освітні потреби та об'єктивно оцінювати результати навчання.

ПРН14. Вміти застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань комп'ютерної інженерії.

ПРН16. Вміти досліджувати, розробляти та впроваджувати засоби і системи автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ПРН18. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення

ПРН19. Здатність проводити патентні дослідження з метою забезпечення патентної чистоти нових проектних рішень, визначення показників технічного рівня, автоматизованих та автоматичних систем управління, засобів їх технічного та апаратно-програмного забезпечення.

ПРН20. Вільно користуватися державною та іноземною мовами, усно і письмово для представлення і обговорення результатів досліджень та інновацій, забезпечення бізнес\операційних процесів та питань професійної діяльності в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН23. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН24. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи розробки паралельних алгоритмів.

Тема 1. Мета й задачі паралельної обробки даних.

Послідовна та паралельна моделі програмування. Модель задача/канал. Модель з передачею повідомлень. Модель з паралелізмом. Закони Амдала. даних. Кількісні характеристики паралелізму. Модель обчислень у вигляді графу «операції-операнди».

Тема 2. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем.

Кластерний підхід до забезпечення високої готовності й нарощуванню продуктивності комп'ютерів. Linux кластери. Проект Beowulf. Приклади Beowulf кластерів: theHive, Avalon. Принципи побудови Beowulf кластерів. Класи Beowulf систем.

Тема 3. Моделювання й аналіз паралельних обчислень.

Аналіз комунікаційної трудомісткості основних операцій передачі даних. Представлення кільцевої топології в вигляді решітки та гіперкубу. Оцінка комунікаційної трудомісткості основних операцій передачі даних для кластер них систем.

Розділ 2. Сучасні технології паралельного програмування багатопроцесорних систем з розподіленою пам'яттю.

Тема 1. Принципи розробки паралельних алгоритмів і програм.

Віртуальні топології в MPI. Введення в паралельне програмування з використанням PVM. Технологія Open MP.

Тема 2. Системи розробки паралельних програм.

Паралельні чисельні алгоритми для рішення типових задач обчислювальної математики.

3. Структура навчальної дисципліни

| Назви розділів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------|------|------|-------|-----|--------------|--------------|------|------|-------|----|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | 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 |
| Розділ 1. Основи розробки паралельних алгоритмів. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Мета й задачі паралельної обробки даних. | 22 | 6 | | 3 | | 13 | | | | | | |
| Тема 2. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем. | 36 | 6 | | 3 | | 27 | | | | | | |
| Тема 3. Моделювання й аналіз паралельних обчислень. | 38 | 6 | | 4 | | 28 | | | | | | |
| Контр.робота. | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 1 | 98 | 20 | | 10 | | 58 | | | | | | |
| Розділ 2. Сучасні технології паралельного програмування багатопроцесорних систем з розподіленою пам'яттю. | | | | | | | | | | | | |
| Тема 1. Принципи розробки паралельних алгоритмів і програм. | 30 | 4 | | 3 | | 23 | | | | | | |
| Тема 2. Системи розробки паралельних програм. | 50 | 6 | | 3 | | 41 | | | | | | |
| Контр.робота. | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| Разом за розділом 2 | 82 | 12 | | 6 | | 64 | | | | | | |
| Усього годин | 180 | 32 | | 16 | | 132 | | | | | | |

4. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | Методи передачі даних типу “ крапка -крапка” в MPI. | 2 |
| 2 | Колективні операції передання даних. | 2 |
| 3 | Розробка паралельної моделі алгоритму та оцінка показників прискорення й ефективності паралельних обчислень. | 2 |
| 4 | Колективні обміни даними між MPI-процесами. | 2 |
| 5 | Управління процесами в MPI | 2 |
| 6 | Метод Сімпсона обчислення визначених інтегралів | 2 |
| 7 | Метод трапецій обчислення визначених інтегралів. | 2 |
| 8 | Метод молекулярної динаміки | 2 |
| | Разом | 16 |

5. Завдання для самостійної роботи

| № з/п | Види, зміст самостійної роботи | Кількість годин |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | Основні правила роботи в середовищі програмування Microsoft HPC Pack 2008 SDK. Розгортання проекту. | 16 |
| 2 | Процедури двокрапкового обміну в MPI. | 20 |
| 3 | Розробка паралельних MPI - програм з використанням двокрапкового обміну. | 20 |
| 4 | Оцінка показників прискорення й ефективності паралельних обчислень з використанням двокрапкового обміну. | 18 |
| 5 | Розгортання програмного проекту по технології Open MP в програмному середовищі. | 18 |
| 6 | Розробка програмного проекту управління процесами в MPI | 20 |
| 7 | Підготовка курсової роботи | 20 |
| | Разом | 132 |

6. Індивідуальні завдання

(не має)

7. Методи навчання

Як правило лекційні та практичні заняття проводяться аудиторно. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторно або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

8. Методи контролю

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:

- прийому та оцінювання звітів з виконання лабораторних робіт;
- проведення тестування за результатами відпрацювання основних положень навчальної програми;
- проведення письмового підсумкового контролю знань;
- прийому та оцінювання виконання курсової роботи.

Максимальна кількість балів за результатами контролю поточної успішності складає 60 балів.

Згідно рішення методичної комісії кафедри теоретичної та прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук до екзаменів не допускаються студенти, які мають заборгованість по лабораторним або контрольним роботам.

Підсумковий контроль здійснюється шляхом проведення екзамену.

Екзаменаційний білет включає два теоретичних і одне практичне питання. Теоретичні питання оцінюються в 10 балів кожен, практичний - в 20.

Максимальна кількість балів за результатами екзамену складає 40 балів.

9. Схема нарахування балів

| Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання | | | | | Екзамен | Сума |
|--------------------------------------------------------------|----------|--------------------|----------------|-------|---------|------|
| Розділ 1 | Розділ 2 | Контрольні роботи, | Курсова робота | Разом | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|-------------------------------------|----|----|----|-----|
| | | | | | передбачені навчальним планом | | | | |
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | 2 | | | | |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20 | 20 | 60 | 40 | 100 |

T1, T2 ... – теми розділів.

За темою T 1 студент отримує 4 бали за виконання лабораторної роботи 1,2.

За темою T 2 студент отримує 4 бали за виконання лабораторної роботи 3,4.

За темою T 3 студент отримує 4 бали за виконання лабораторної роботи 5.

За темою T 4 студент отримує 4 бали за виконання лабораторної роботи 6,7.

За темою T 5 студент отримує 4 бали за виконання лабораторної роботи 8.

Критерії оцінювання знань студентів за лабораторні роботи

| Вимоги | Кількість балів |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела,. ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності. | 4 |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача. ▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації; ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності. | 3 |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Студент може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях. | 2 |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача. ▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами; ▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань. | 1 |

Критерії оцінювання знань студентів за контрольну роботу

| Вимоги | Кількість балів |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати закони та закономірності, структурувати судження, умовиводи, доводи, описи. | 8-10 |
| Повнота виконання завдання повна, студент здатен формулювати операції, правила, алгоритми, правила визначення понять. | 5-7 |
| Повнота виконання завдання елементарна, студент здатен вибирати відомі способи дій для виконання фахових завдань. | 3-5 |
| Повнота виконання завдання фрагментарна. | 1-2 |

Критерії оцінювання знань студентів за курсову роботу

| Параметри оцінювання | Діапазон оцінки, балів | Критерії оцінювання за бальною шкалою |
|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Вміння чітко та стисло | 0-20 | 0 – студент неспроможний чітко та |

| | | |
|---------------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| викласти основні результати дослідження | | стисло викласти основні результати дослідження |
| | | 10 – студент невпорядковано викладає основні результати дослідження |
| | | 20 – студент спроможний чітко та стисло викласти основні результати дослідження |
| Використання роздаткового ілюстративного матеріалу | 0-10 | 0 – роздатковий ілюстративний матеріал не використано |
| | | 10 – доповідь супроводжена роздатковим ілюстративним матеріалом |
| Повнота, глибина, обґрунтованість відповідей на питання | 0-5 | 0 – студент неспроможний надати відповіді на поставлені питання |
| | | 2 – студент надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання |
| | | 5 – студент надає повні, глибокі, обґрунтовані відповіді на поставлені питання |

Критерії оцінювання залікових робіт студентів

| Вимоги | Кількість балів |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання. | 35-40 |
| Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру. | 30-35 |
| Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки. | 20-30 |
| Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки | 10-20 |
| Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки. | 5-10 |
| Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет. | 1-5 |

Шкала оцінювання

| Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру | Оцінка | |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|
| | для чотирирівневої шкали оцінювання | для дворівневої шкали оцінювання |
| 90 – 100 | відмінно | зараховано |
| 70-89 | добре | |
| 50-69 | задовільно | |
| 1-49 | незадовільно | не зараховано |

10. Рекомендована література

Основна література

1. Поляков Г.А. Синтез і аналіз паралельних процесів в адаптивних часопараметризованих обчислювальних системах / Г.А. Поляков, С.И. Шматков, Е.Г. Толстолузька, Д.А. Толстолузький.- Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – 672 с.
2. Quinn, M. J. (2004). Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. – New York, NY: McGraw-Hill.
3. Grama, A., Gupta, A., Kumar V. (2003, 2nd edn.). Introduction to Parallel Computing. – Harlow, England: Addison-Wesley.
4. Pacheco, P. (1996). Parallel Programming with MPI. - Morgan Kaufmann.
5. Chandra, R., Dagum, L., Kohr, D., Maydan, D., McDonald, J., and Melon, R. (2000). Parallel Programming in OpenMP. Morgan Kaufmann Publishers.
6. Culler, D., Singh, J.P., Gupta, A. (1998) Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. - Morgan Kaufmann.
7. Tanenbaum, A. (2001). Modern Operating System. 2nd edn. – Prentice Hall.

Допоміжна література

1. Herlihy M. The Art of Multiprocessor Programming / M. Herlihy, N. Shavit. Burlington: Morgan Kaufmann, 2008. – 529 p.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.cs.wisc.edu/condor/>
2. <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>
3. <http://www.Distributed.net/>
4. <http://mersenne.org/>
5. <http://www.globus.org/>
6. <http://www.eu-datagrid.org/>