

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

Навчально-науковий інститут електричної інженерії та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково-педагогічної та
методичної роботи



Віктор КОСТІН

2024 року


РОБОЧА ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

«Паралельні та розподілені обчислення»

першого (бакалаврського) освітнього рівня
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньо-професійної програми
«Комп'ютерна інженерія»

Робоча програма навчальної дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» розроблена на основі освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія», підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробила:
ст. викл. каф. КІЕ, к. т. н.




(підпис)

Ольга ЧОРНА
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»,
протокол № 1 від 19.09.2024 р.

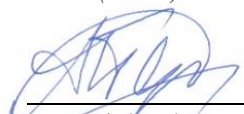
Гарант освітньої програми



(підпис)

Андрій ПЕРЕКРЕСТ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Завідувач кафедри



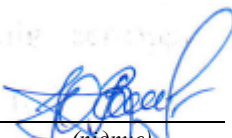
(підпис)

Андрій ПЕРЕКРЕСТ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методичної ради інституту електричної інженерії та інформаційних технологій,

протокол № 1 від 24.09.2024 р.

Голова науково-методичної ради



(підпис)

Юрій ЗАЧЕПА
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень | Характеристика навчальної дисципліни |
|--|--|--------------------------------------|
| | | денна форма навчання |
| Кількість кредитів – 4,0 | Галузь знань 12 Інформаційні технології | Обов'язкова |
| Модулів – 2 | Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія» | Рік підготовки: (курс) |
| Змістових модулів – 4 Індивідуальне науково-дослідне завдання – реферат | | 2-й |
| Загальна кількість годин – 120 | | Семестр |
| Тижневих годин для денної форми навчання: 4-й семестр аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 5 | | 4-й |
| | Освітній ступінь: бакалавр | Лекції |
| | | 18 год. |
| | | Практичні |
| | | - |
| | | Лабораторні |
| | | 22 |
| | | Самостійна робота |
| | | 80 год. |
| | Вид контролю: | |
| | іспит | |

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної й індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $40/80 = 0,5$

* 1 кредит = 30 год.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: набуття студентами загальних теоретичних та практичних знань у галузі паралельної обробки інформації, а також з питань, зв'язаних з аналізом методів та алгоритмів паралельної обробки інформації, дослідженням моделей та мов паралельних обчислень.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

отримати досвід з компетентностей:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорії та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК 2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК 3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

ФК 7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК 13. Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій.

ФК 17. Здатність проектувати комп'ютерні системи для керування ергатичними системами, екологічного та енергетичного моніторингу, моніторингу складних систем на основі інтелектуального аналізу даних.

набути навички та уміння:

ПРН 1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.

ПРН 3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН 6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН 7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН 9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН 10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРН 13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

ПРН 23. Знати сучасні тенденції розвитку, проектування, налагодження та експлуатації програмно-технічних засобів та інформаційно-аналітичних технологій для керування ергатичними системами, екологічного та енергетичного моніторингу, моніторингу складних систем на основі інтелектуального аналізу даних.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені алгоритми.

Тема 1. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем.

Основні класи сучасних паралельних комп'ютерів. Шляхи досягнення паралелізму. Приклади паралельних обчислювальних систем (суперкомп'ютери, кластери). Класифікація обчислювальних систем (мультипроцесори, мультикомп'ютери). Гетерогенні обчислювальні системи.

Тема 2. Аналіз паралельних обчислень та основні властивості паралельних алгоритмів.

Основні поняття. Властивості паралельних програм. Закони Амдала, Густавсона-Барсиса. Моделі паралельних обчислень. Roofline-модель аналізу продуктивності.

Тема 3. Парадигми паралельних додатків.

Паралелізм по даним, паралелізм по задачам. Ітеративний паралелізм. Рекурсивний паралелізм. Парадигма "виробники і споживачі". Парадигма "клієнти і сервери". Модель "взаємодіючі рівні".

Змістовий модуль 2. Програмування в паралельних і розподілених системах

Тема 4. Розробка паралельних програм.

Багатопотокові додатки. Розподілені системи. Паралельні обчислення, що синхронізуються. Схема розробки паралельного алгоритму: "декомпозиція - зв'язок - синхронізація".

Тема 5. Мови паралельного програмування.

Мови паралельного програмування, бібліотеки і системи розробки паралельних програм. Огляд стандартів OpenMP і MPI.

Тема 6. Особливості використання стандартів OpenMP, MPI і CUDA.

Ініціалізація та завершення MPI-програми. Модель програми відповідно до OpenMP. Особливості програмної моделі CUDA.

Тема 7. Бібліотечні функції для паралельного програмування.

Використання функцій бібліотек типу Win32, MPI, PVM для створення програм для комп'ютерних систем.

Змістовий модуль 3. Технології паралельного програмування.

Тема 8. Задача розміщення

Розміщення частин програми по процесорних вузлах комп'ютерної системи. Врахування топологічних особливостей комп'ютерної системи. Особливості розподілу задач і передачі даних.

Тема 9. Оптимізація обміну даними.

Оптимізація розміщення частин програми по вузлах комп'ютерної системи. Забезпечення мінімального часу обміну даними в системі.

Тема 10. Засоби опису паралельних процесів.

Синхронні, несинхронні та асинхронні паралельні процеси.

Змістовий модуль 4. Технології взаємодії та синхронізації процесів.

Тема 11. Засоби взаємодії та синхронізації процесів.

Синхронізація потоків. Поняття семафорів. Критичні секції, монітори, повідомлення. Механізм рандеву.

Тема 12. Задача взаємного виключення.

Взаємодія та взаємне виключення процесів при роботі зі спільними ресурсами.

Тема 13. Квантові обчислення та їх взаємодія з паралельними системами

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | |
|--|-----------------|--------------|---|-----|------|
| | денна форма | | | | |
| | усього | у тому числі | | | |
| | | л | п | лаб | с.р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Модуль 1 | | | | | |
| Змістовий модуль 1. Паралельні та розподілені алгоритми. | | | | | |
| Тема 1. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем. | 9 | 1 | - | 2 | 8 |
| Тема 2. Аналіз паралельних обчислень та основні властивості паралельних алгоритмів. | 9 | 1 | - | 2 | 6 |
| Тема 3. Парадигми паралельних додатків. | 10 | 2 | - | - | 8 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 30 | 4 | - | 4 | 22 |
| Змістовий модуль 2. Програмування в паралельних і розподілених системах. | | | | | |
| Тема 4. Розробка паралельних програм. | 11 | 1 | - | 2 | 8 |

| | | | | | |
|---|------------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Тема 5. Мови паралельного програмування. | 17 | 1 | - | 2 | 14 |
| Тема 6. Особливості використання стандартів OpenMP, MPI і CUDA. | 13 | 1 | - | 2 | 10 |
| Тема 7. Бібліотечні функції для паралельного програмування. | 11 | 1 | - | 2 | 8 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 50 | 4 | - | 6 | 40 |
| Змістовий модуль 3. Підходи до організації паралельного програмування. | | | | | |
| Тема 8. Задача розміщення. | 5 | 2 | - | - | 3 |
| Тема 9. Оптимізація обміну даними. | 7 | 2 | - | 2 | 3 |
| Тема 10. Засоби опису паралельних процесів. | 8 | 2 | - | 2 | 4 |
| Разом за змістовим модулем 3 | 20 | 6 | - | 4 | 10 |
| Змістовий модуль 4. Технології взаємодії та синхронізації процесів. | | | | | |
| Тема 11. Засоби взаємодії та синхронізації процесів. | 9 | 1 | - | 4 | 4 |
| Тема 12. Задача взаємного виключення. | 10 | 2 | - | 4 | 4 |
| Тема 13. Квантові обчислення. | 1 | 1 | | | - |
| Разом за змістовим модулем 4 | 20 | 4 | - | 8 | 8 |
| Усього годин | 120 | 18 | - | 22 | 80 |

5. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|--|-----------------|-----|
| | | дфн | зфн |
| 1 | Послідовний алгоритм Флойда-Уоршела. | 2 | |
| 2 | Характеристики систем функціональних пристроїв. | 2 | |
| 3 | Знайомство зі структурою MPI-програми і процедурами блокуючого двоточкового обміну MPI | 4 | |
| 4 | Застосування паралельного алгоритму для обчислення суми елементів | 2 | |
| 5 | Паралельний алгоритм Флойда Уоршела | 2 | |
| 6 | Алгоритми паралельного матрично-векторного множення | 2 | |
| 7 | Паралельне розв'язування систем лінійних рівнянь. Метод Якобі | 4 | |
| 8 | Застосування механізмів синхронізації даних у багатопоточних програмах: м'ютекси, семафори та монітори | 2 | |
| 9 | Віртуальні топології в MPI | 2 | |
| | Усього | 22 | |

6. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|---|-----------------|-----|
| | | дфн | зфн |
| 1 | Огляд класів складних задач, класифікація: незв'язні, слабозв'язні та сильнозв'язані складні задачі. | 8 | |
| 2 | Класифікація видів паралелізму: просторовий та конвейерний, синхронний та асинхронний, суттєвий та несуттєвий, явний та неявний, обмежений та необмежений. | 6 | |
| 3 | Семафори Дейкстри. Розширення Хансена для семафорів. Модель взаємодії послідовних процесів Хоара. Додатки моделі Хоара. | 8 | |
| 4 | Граф-схемні моделі та мови паралельного програмування: модель граф-схем Корабліна-Кутєпова, модель асинхронних обчислювальних мереж Строевої-Фалька. | 8 | |
| 5 | Глобальне розпаралелювання на рівні задач на прикладі матричних задач та локальне розпаралелювання на прикладі виразів і циклів. | 8 | |
| 6 | Методи розпаралелювання циклів. Векторизація рограм. | 6 | |
| 7 | Особливості програмування з використанням MPI. Структура MPI-програми. Повідомлення, їх передавання та приймання. Колективний обмін даними. | 10 | |
| 8 | Види колективного обміну даними, бар'єри, ширококомвне розсилання даних. Комунікатори та топології. Компіляція та відлагодження MPI-програм. | 6 | |
| 9 | Директиви OpenMP. Бібліотека часу виконання. Змінні оточення. | 8 | |
| 10 | Паралельна та послідовна частини програми. Обмін даними. Синхронізація процесів, рівномірність завантаження процесів, засоби розпаралелювання в трансляторах і паралельні бібліотеки. | 8 | |
| 11 | Статичні та динамічні алгоритми балансування навантаження мультипроцесорних систем. | 4 | |
| | Усього | 80 | |

7. Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються загальноприйняті методи навчання: словесний, наочний та практичний.

Організація навчання здійснюється за кредитно-модульною системою з елементами тестування та рейтинговим оцінюванням знань студентів у відповідності з Концепцією впровадження в Україні Болонського процесу.

8. Методи контролю

У процесі вивчення дисципліни застосовуються наступні види контролю:

- поточний контроль знань студентів впродовж семестру, який впливає на результати атестацій;
- підсумковий контроль знань студентів (іспит).

9. Розподіл балів, що отримують студенти

| Види занять | Максимальна сума балів |
|--|------------------------|
| Лекції: – відвідування та робота на лекції – 1 бал за лекцію (18 лекцій) | 18 |
| Лабораторні роботи: – робота на занятті, складання звіту та захист роботи – 3 бали за заняття (10 лабораторних робіт) | 30 |
| Проміжний контроль: – модульний тестовий контроль 8 балів за тест (4 тести). | 32 |
| Іспит | 20 |
| Усього | 100 |

Формою проведення **модульного контролю** є тестування. Тест містить 40-50 завдань закритої форми, приблизно одного рівня складності, з наступними типами відповідей: вибір однієї правильної відповіді, вибір кількох правильних відповідей, коротка відповідь та відповідність. Відведений час на одну відповідь – **90 секунд**. Завдання тесту певного варіанту вибрані з бази тестових завдань обсягом 400 завдань.

Метою тестування є оцінювання навчальних досягнень студентів на різних рівнях: знання, розуміння і застосування знань і набутих навичок у розв'язанні задач після вивчення дисципліни.

Оцінювання тестового завдання студента відбувається за критеріями, наведеними у наступній таблиці:

Критерії оцінювання тестового завдання

| Кількість балів | Критерії оцінки |
|-----------------|--|
| 1 | Студент правильно відповів на тестове завдання |
| 0 | Студент не правильно відповів на тесове завдання |

Загальна кількість балів за тестування визначається як сума балів за всі правильні відповіді, помножених на відповідний коефіцієнт.

Модульний контроль проводиться для всього потоку або окремої академічної групи. Він базується на комплекті тестових завдань, підготовленому та затвердженому завідувачем кафедри. Протягом семестру тестування проводиться чотири рази – після завершення вивчення кожного з чотирьох основних модулів.

Тестування здійснюється лектором або асистентом через систему Moodle.

Результати перевіряються автоматично за «ключем», що містить правильні відповіді на тестові завдання, визначені викладачем у системі Moodle.

Оцінка за тестування відображається в системі Moodle відповідно до встановленої шкали оцінювання. Поряд із прізвищем студента вказуються отримані бали та дата проведення тестування.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за 100-бальною шкалою | Оцінка в ECTS | Значення оцінки ECTS | Критерії оцінювання | Рівень компетентості | Оцінка за національною шкалою |
|----------------------------------|---------------|----------------------|--|---------------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | іспит, диференційований залік |
| 90-100 | A | відмінно | Студент виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно здобувати знання, без допомоги викладача знаходить та опрацьовує необхідну інформацію, вміє використовувати набуті знання і вміння для прийняття рішень у нестандартних ситуаціях, переконливо аргументує відповіді, самостійно розкриває власні обдарування і нахили | Високий (творчий) | відмінно |
| 82-89 | B | дуже добре | Студент вільно володіє вивченим обсягом матеріалу, застосовує його на практиці, вільно розв'язує вправи і задачі у стандартних | Достатній (конструктивно-варіативний) | добре |

| | | | | | |
|-------|----|--|---|---------------------------|--------------|
| | | | ситуаціях, самостійно виправляє допущені помилки, кількість яких незначна | | |
| 74-81 | C | добре | Студент вміє зіставляти, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; в цілому самостійно застосовувати її на практиці; контролювати власну діяльність; виправляти помилки, серед яких є суттєві, добирати аргументи для підтвердження думок | | |
| 64-73 | D | задовільно | Студент відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень; з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих | Середній (репродуктивний) | задовільно |
| 60-63 | E | достатньо | Студент володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні | | |
| 35-59 | FX | незадовільно з можливістю повторного складання семестрового контролю | Студент володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу | Низький | |
| 1-34 | F | незадовільно з обов'язковим повторним вивченням залікового кредиту | Студент володіє матеріалом на рівні елементарного розпізнання і відтворення окремих фактів, елементів, об'єктів | (рецептивно-продуктивний) | незадовільно |

10. Методичне забезпечення

1. Під час лекційного курсу застосовуються слайдові презентації, виконані у програмі MS Power Point, роздатковий матеріал, здійснюється дискусійне обговорення проблемних питань. На практичних заняттях детально розглядаються теоретичні матеріали, розв'язуються практичні завдання в ОС Linux з використанням компіляторів g++ та gcc.
2. На лабораторних роботах використовується інтегроване середовище розробки програм Visual Studio для розробки програм на C++ з використанням бібліотек MPI.

11. Рекомендована література

Базова

1. Аксак Н. Г. Паралельні та розподілені обчислення: підруч. / Н. Г. Аксак, О. Г. Руденко, А. М. Гуржій. – Харків : Компанія СМІТ, 2009. – 480 с.
2. Петренко А. І. Практикум з ґрід-технологій : навчальний посібник / А. І. Петренко, С. Я., Свістунов, Г. Д. Кисельов. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – 580 с
3. Loutsky G., Zhukov I., Korochkin A. Parallel Computing. – Kyiv, Kornechuk, 2007. -216 pp. //comsys.kpi.ua
4. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник до кредитного модуля «Паралельні та розподілені обчислення» для студентів освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі», за спеціальністю 123 – «Комп'ютерна інженерія» / Автори Корочкін О.В.. Русанова О.В. – К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2020. – 123 с.
5. Burns A., Wellings A. Real-Time Systems and Programming Languages. Addison – Wesley, 2001, – 386 p.
6. Корочкін О. Багатоядерне програмування на мові Ада. Гавю посібн. Част. 1. (англ. мовою). - К.:КПІ ім. І.Сікорського, 2018.-226с.
7. Качко О. Г. Навчальний посібник з дисципліни "Паралельне програмування" для студентів усіх форм навчання напряму 050103 "Програмна інженерія" / О. Г. Качко. – Харків : ХНУРЕ, 2016. – 404с.
8. Krauss, Kirk J (2018). "Threading for Performance". Develop for Perfor

Допоміжна

1. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на науковий твір «Побудова клієнт-серверної діагностичної системи на базі розподіленої СКБД» №122433 від 27.12.2023. (Автори: Чорна О.А., Чорний О.П., Костанда О.І.)
2. Чорна О.А., Чорний О.П., Калінін Д.П. Науковий твір «Застосування методів паралельних обчислень для розрахунку математичних моделей у мобільних віртуальних лабораторних комплексах», свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 126537, від 28.09.2023.
3. Чорна О.А., Ватажок В., Мобільний додаток DСmotor «Віртуальний

стенд для дослідження електричних двигунів постійного струму незалежного збудження» XIV Всеукраїнська науково-практична конференція «Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2022». м.Хмельницький, 18-19 листопада 2022 р., С. 57-59.

4. Чорна О.А. Система діагностики асинхронних двигунів на основі клієнт-серверної технології та розподіленої СКБД MySQL Cluster. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2023. – Вип. 2(139) . – С. 84-92.

5. Braeunl T. Parallel Programming. An Introduction.- Prentice Hall, 2006.

6. Miller R., Boxer L. A Unified Approach to Sequential and Parallel Algorithms. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2009.

7. Pacheco, S. P. Parallel programming with MPI. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 2001.

8. Quinn, M. J. (2004). Parallel Programming in C with MPI and OpenMP. – New York, NY: McGraw-Hill.

9. Grama, A., Gupta, A., Kumar V. (2003, 2nd edn.). Introduction to Parallel Computing. - Harlow, England: Addison-Wesley.

10. Pacheco, P. (1996). Parallel Programming with MPI. – Morgan Kaufmann.

11. Chandra, R., Dagum, L., Kohr, D., Maydan, D., McDonald, J., and Melon, R. (2000). Parallel Programming in OpenMP. Morgan Kaufmann Publishers.

12. Culler, D., Singh, J.P., Gupta, A. (1998) Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach. - Morgan Kaufmann

Інформаційні ресурси

1. Корочкін О. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни

«Паралельне програмування», [Електронний ресурс]. //comsys.kpi.ua

2. Barker, M. (Ed.) (2010). Cluster Computing Whitepaper <http://www.dcs.port.ac.uk/~mab/tfcc/WhitePaper/>. <https://www.openmp.org/>

3. https://uk.wikipedia.org/.../Розподілена_система_керування

4. https://uk.wikipedia.org/wiki/Паралельні_обчислення

5. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) (<http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/>).