



Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

СИЛАБУС

Базова інформація про дисципліну

| | |
|---|--|
| Назва дисципліни | <i>CE118 Паралельні та розподілені обчислення</i> <i>Parallel and Distributed Computing</i> |
| Рівень вищої освіти | Перший (бакалаврський) |
| Галузь знань | 12 „Інформаційні технології” |
| Спеціальність | 123 „Комп'ютерна інженерія” |
| Освітня програма | Комп'ютерна інженерія |
| Семестр | 4 семестр |
| Курс | 2 курс (за скороченою формою навчання) 4 курс (повний термін навчання) |
| Анотація курсу | <u>Мета вивчення дисципліни.</u> надання теоретичних та практичних знань з побудови складних високопродуктивних паралельних та розподілених систем обробки даних. |
| Сторінка курсу в MOODLE | http://78.137.2.119:1919/m72/course/view.php?id=91 |
| Мова викладання | українська |
| Лектор курсу | к.т.н., Бурмістров Сергій Владиславович канали комунікації: СДН «Moodle»; повідомлення в чаті СДН “ZOOM” - 605 179 3685 електронна пошта: sergij.burmistrov@ukr.net , тел. 095-003-55-64 (Viber) |
| Місце дисципліни в освітній програмі | |
| Освітня програма | http://csbc.edu.ua/documents/otdel/P&RS.pdf |
| Інтегральна компетентність | Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в галузі інформаційних технологій або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов. |

| | |
|--|--|
| <p>Перелік загальних компетентностей (ЗК)</p> | <p>Z1 Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.</p> <p>Z2 Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p>Z3 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>Z8 Здатність працювати в команді. Мотивувати людей і досягати спільних цілей.</p> <p>Z11 Навички використання інформаційно-комунікаційних технологій в освітньому процесі, здатність реалізувати пошук, оброблення та аналіз інформації з різних джерел</p> <p>Z12 Здатність діяти на основі загальнолюдських етичних міркувань та академічної доброчесності з позиції соціальної відповідальності та громадянської свідомості</p> |
| <p>Перелік спеціальних компетентностей (СК)</p> | <p>P2 Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.</p> <p>P3 Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.</p> <p>P5 Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.</p> <p>P6 Здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення.</p> <p>P7 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.</p> <p>P8 Готовність брати участь у роботах з впровадження комп'ютерних систем та мереж, введення їх до експлуатації на об'єктах різного призначення.</p> <p>P10 Здатність здійснювати організацію робочих місць, їхнє технічне оснащення, розміщення комп'ютерного устаткування, використання</p> |

| | |
|--|---|
| | <p>організаційних, технічних, алгоритмічних та інших методів і засобів захисту інформації.</p> <p>P13 Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій.</p> <p>P14 Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.</p> <p>P15 Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтувати та захищати прийняті рішення.</p> |
| Знання | Знати архітектуру та програмне забезпечення високопродуктивних паралельних та розподілених обчислювальних систем, чисельних методів і алгоритмів для паралельних структур. |
| Уміння | 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. |
| Комунікація | N18 Використовувати інформаційні технології для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях. |
| Автономія і відповідальність | <p>N19 Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.</p> <p>N20 Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.</p> <p>N21 Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.</p> |
| Матеріально-технічне забезпечення | <p>1 Забезпечення приміщеннями для проведення лекційних та практичних навчальних занять.</p> <p>2 Забезпеченість стаціонарним мультимедійним обладнанням для використання в навчальних аудиторіях для проведення лекційних та практичних навчальних занять.</p> |

| | | |
|---|---|---------|
| | <p>5 Забезпеченість комп'ютеризованими робочими місцями, відповідним обладнанням та устаткуванням, необхідними для виконання навчальних планів.</p> <p>6 Забезпеченість комп'ютерною технікою, відповідними програмно-технічними засобами автоматизації та системами автоматизації проектування.</p> | |
| Інформаційне та навчально-методичне забезпечення | <p>2 Наявність доступу до баз даних періодичних наукових видань англійською мовою відповідного або спорідненого профілю.</p> <p>3 Наявність офіційного веб-сайту закладу освіти, на якому розміщена основна інформація про його діяльність (структура, ліцензії та сертифікати про акредитацію, освітня/освітньо-наукова/ видавнича/ атестаційна (наукових кадрів) діяльність, навчальні та наукові структурні підрозділи та їх склад, перелік навчальних дисциплін, правила прийому, контактна інформація).</p> <p>4 Наявність електронного ресурсу закладу освіти, який містить навчально-методичні матеріали з дисциплін навчального плану, в тому числі в системі дистанційного навчання.</p> | |
| Опис дисципліни | | |
| Структура навантаження на студента | Загальна кількість годин | 90 |
| | Кількість кредитів | 3 |
| | Кількість лекційних годин | 24 |
| | Кількість практичних занять | 24 |
| | Кількість годин для самостійної роботи студентів | 42 |
| | Форма підсумкового контролю | Екзамен |
| Методи навчання | <p>Словесні (лекція, пояснення, бесіда); наочні (демонстрування презентацій); практичні (кейспрактикум); аналіз ситуацій; методи самоконтролю.</p> | |
| Зміст дисципліни | | |

| Змістовий модуль 1. Основи паралельних обчислень: характеристика та застосування | |
|--|--|
| Т_01. Мета та задачі паралельних обчислень. | Історія розвитку паралельної обробки даних. 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). |
| Т_02. Проблеми використання паралелізму. | 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. |
| Т_03. Класифікація багатопроцесорних обчислювальних систем. | 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) |
| Т_04. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень. | Апаратні засоби високопродуктивних обчислень: багатопроцесорні системи (багатоядерні системи, кластерні системи, grid-системи, багатоядерні графічні процесори. Приклади сучасних високопродуктивних обчислювальних систем. Суперкомп'ютерні обчислювальні системи в Україні та світі. |
| Т_05. Оцінка ефективності | Показники ефекту розпаралелення (прискорення, продуктивність, ефективність). Способи оцінки показників. Максимальна |

| | |
|---|---|
| паралельних обчислень. | (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. |
| Т_06. Загальні принципи побудови паралельних алгоритмів і програм. | 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 | |
| Т_07. Програмні засоби розробки паралельних програм. | Мови паралельного програмування. Використання спеціалізованих мов паралельного програмування (Occam). Застосування паралельних розширень існуючих алгоритмічних мов (HPF). |
| Т_08. Програмні засоби розробки паралельних програм. | 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). |
| Т_09. Програмні засоби розробки паралельних програм. | Мови паралельного програмування на основі розділеного глобальноадресного 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. |
| Т_10. 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. |
| Т_11. 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. |
| Т_12. 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. |

| Політика дисципліни | |
|------------------------------|--|
| Політика відвідування | Регулярне відвідування всіх видів занять, своєчасність виконання самостійної роботи. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання організується в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу. |

| | |
|---|--|
| Політика щодо дедлайнів та перескладання | Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. |
| Академічна доброчесність | У випадку недотримання політики академічної доброчесності (плагіат, самоплагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, обман, хабарництво) передбачено повторне проходження оцінювання. |

Система оцінювання

Поточний контроль здійснюється протягом семестру під час проведення практичних, семінарських та інших видів занять і оцінюється сумою набраних балів (максимальна сума – 100 балів; мінімальна сума, що дозволяє студенту отримати атестацію з предмету – 60 балів); підсумковий / семестровий контроль, проводиться у формі іспиту, відповідно до графіку навчального процесу.

Підсумкова оцінка за умови іспиту виставляється як загальна сума балів, набраних за результатами поточного (70%) та підсумкового контролю.

Накопичування рейтингових балів з навчальної дисципліни

| Види навчальної роботи | Мах кількість балів |
|--------------------------------------|----------------------------|
| Виконання практичних робіт Т 01-Т 12 | 3 бали*8+ 4 бали *4=40 |
| Виконання індивідуальних завдань | 3 бали*6+ 2 бали *6=30 |
| Екзамен | 10*3=30 балів |
| Всього | 100 |

Послідовність накопичення рейтингових балів з навчальної дисципліни за видами робіт напруязі семестру

| № пп | № теми | Вид роботи | | |
|------|--------|-------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | | Результати поточного контролю | Результати індивідуальної роботи | Результати екзамену |
| 1 | Т 01 | 3 | 2 | |
| 2 | Т 02 | 3 | 2 | |
| 3 | Т 03 | 3 | 2 | |
| 4 | Т 04 | 3 | 3 | |
| 5 | Т 05 | 4 | 3 | |
| 6 | Т 06 | 4 | 3 | |
| 7 | Т 07 | 3 | 2 | |
| 8 | Т 08 | 3 | 2 | |
| 9 | Т 09 | 3 | 2 | |

| | | | | |
|--------------------|------|----|----|-----|
| 10 | Т 10 | 3 | 3 | |
| 11 | Т 11 | 4 | 3 | |
| 12 | Т 12 | 4 | 3 | |
| 13 | | | | 10 |
| 14 | | | | 10 |
| 15 | | | | 10 |
| Разом за розділами | | 40 | 30 | 30 |
| Всього | | | | 100 |

| Шкала оцінювання | | |
|-------------------------|-------------|---|
| ECTS | Бали | Зміст |
| A | 90-100 | Бездоганна підготовка в широкому контексті |
| B | 80-89 | Повні знання, міцні вміння |
| C | 70-79 | Хороші знання та вміння |
| D | 65-69 | Задовільні знання, стереотипні вміння |
| E | 60-64 | Виконання мінімальних вимог діяльності в стандартних умовах |
| FX | 35-59 | Слабкі знання, відсутність умінь |
| F | 1-34 | Необхідний повторний курс |

Перелік рекомендованої літератури.

Базова

1. CUDA C++ Programming Guide. Release 12.1. 2023. URL: https://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf (Last accessed: 02.06.2023).
2. The OpenCL™ C Specification. 2023. URL: https://registry.khronos.org/OpenCL/specs/3.0-unified/pdf/OpenCL_C.pdf (Last accessed: 02.06.2023).
3. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Version 4.0. 2021. URL: <https://www.mpi-forum.org/docs/mpi-4.0/mpi40-report.pdf> (Last accessed: 02.06.2023).
4. OpenMP | LLNL HPC Tutorials. URL: <https://hpctutorials.llnl.gov/openmp/> (Last accessed: 02.06.2023).
5. OpenACC Programming and Best Practices Guide. 2022. URL: <https://www.openacc.org/sites/default/files/inline-files/openacc-guide.pdf> (Last accessed: 02.06.2023).
6. Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 104 с.
7. Пецко В. І., Міца О. В. Грід-системи та технології хмарних обчислень: методичний посібник. Ужгород, 2016. 50 с. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/10187/1/Методичка_грід%20системи_12_09.pdf (Last accessed: 02.06.2023).

Допоміжна

1. Аксак Н. Г., Руденко О. Г., Гуржій А. М.. Паралельні та розподілені обчислення: підручник. Х.: Компанія СМІТ, 2009. 480 с.
2. Антонов А.С. Паралельне програмування за допомогою технології MPI: Навчальний посібник. К: Вид-во ЧДУ. 2004. 71 с.
3. Антонов А. С. Вступ в паралельні обчислення. К: Науково-дослідний обчислювальний центр КНУ, 2002. 68 с.
5. Баканов В. М., Осипов Д. В. Введення у практику розробки паралельних програм у стандарті MPI. Донецьк: БІНОМ. 2005. 65 с.
6. Богачов К. Ю. Основи паралельного програмування. Донецьк: БІНОМ. Лабораторія знань. 2003. 184 с.
7. Валях Е. Послідовно-паралельні обчислення. К: Світ, 1985. 456 с.
8. Водяхо А. І., Смолів В. Б., Плюсін В. У., Пузанков Д. В. Функціонально орієнтовані процесори. К: Машинобудування, 1988. 224 с.
9. Воєводін Ст. Ст., Воєводін Вл. В. Паралельні обчислення. Вінниця: БХВ. 2002. 608 с.
10. Гергель В. П. Теорія та практика паралельних обчислень. К: Інтернет-Університет Інформаційних технологій. 2007.
11. Жабін В. І. Архітектура обчислювальних систем реального часу. Київ: СТОЛІТТЯ+. 2003. 176 с.

12. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посібник. К.: Корнійчук, 2005. – 246 с.
13. 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.
14. 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.
15. Корнєєв В. Д. Паралельне програмування у MPI. Вінниця: «Вільямс». 2000. 220 с.
16. Х'юз К., Х'юз Т. Паралельне та розподілене програмування з використанням С++: Пер. з англ. Вінниця: «Вільямс». 2004. 672 с.
17. Шпаковський Г. І., Серікова Н. В. Посібник із програмування для багатопроцесорних систем у стандарті MPI. К: КНУ. 2002. 323 с.
18. 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.
19. D. P. Bovet, M. Cesati, Understanding the Linux Kernel, #rd Edition, O'Reilly, 2005.
20. Dongarra J., Walker D., and others. ScaLAPACK Users' Guide. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics, 1997.
21. Foster I. Designing and Building of Parallel Programs. Reading. MA: Addison-Wesley. 1995. Жуков І. А., Корочкін А. В. Паралельні та розподілені обчислення. Лаб. Практикум. К.: Корнійчук. 2008. 240 с.
22. Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навч. Посібник. Вступ. Слово А. Ройтера; Пер. з нім. В.А.Святного. К.: Вища школа. 1997. 358 С.
23. Букатов А. А., Дацюк В. Н., Жегуло О. І. Програмування багатопроцесорних обчислювальних систем. Вінниця: «Вільямс». 2003. 208 с.
24. Воеводін В. В. Математичні моделі та методи у паралельних процесах. К: Наука. 1986. 296 с.
25. Гері М., Джонсон Д. Обчислювальні машини і завдання, що важко вирішувати. К: Світ. 1982. 416 з.
26. Дорошенко А. Ю., Кислоокій В. М., Синявський О. Л. Архітектура і операційні середовища комп'ютерних систем. Методичний посібник і конспект лекцій.- Київ: НаУКМА, 2005.
27. Корнєєв В. В. Паралельні обчислювальні системи. К: Наука. 1999. 320 с.
28. 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.
29. 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.

30. 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.
31. Петренко А.І. Grid-інтелектуальна обробка даних. Системні дослідження та інформаційні технології. Київ. №4. 2008. С. 97-110.
32. Петренко А.І. Національна Grid-інфраструктура для забезпечення наукових досліджень і освіти. *Системні дослідження та інформаційні технології.* Київ. №1, 2008. С.79-92.
33. Прангішвілі І. В., Стецюра Г. Г. Сучасний стан проблеми створення ЕОМ з нетрадиційною архітектурою, керованих потоком даних. Вимірювання, контроль, автоматизація. 1981. №1 (35). с. 36-48.
34. Розпаралелювання алгоритмів обробки інформації. Том 1. Під. ред. А. У. Свенсона. Київ: Наукова думка. 1985. 280 с.
35. Шпаковський Г. І., Серікова Н. В. Програмування для багатопроцесорних систем стандарту MPI: Посібник. К: КНДУ. 2002. 323 с.

13. Інформаційні ресурси

1. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. Version 1.1. URL: <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>
2. MPI: The Message Passing Interface.
URL: http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html
3. Portable Batch System. URL: <http://www.openpbs.org>
4. ScaLAPACK Users Guide.
URL: http://www.netlib.org/scalapack/scalapack_home.html
5. The OpenMP Application Program Interface (API).
URL: <http://www.openmp.org>