ПРИВАТНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД

«БУКОВИНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОНОМІКИ

Схвалено та затверджено на засіданні
науково-методичної ради факультету
протокол №1 від 25.08.2023

ЗАТВЕРДЖУЮ:
декан факультету
інформаційних технологій та економіки
_____ Тетяна ШТЕРМА

СИЛАБУС

дисципліни:

«Паралельні алгоритми»

вибіркова навчальна дисципліна

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні науки

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»;

Галузь знань 12 Інформаційні технології

Рівень вищої освіти другий магістерський

Факультет інформаційних технологій та економіки

Мова навчання українська

Розробник: Артеменко Ольга Іванівна, кандидат технічних наук, доцент.

Профайл викладача (-ів) https://bukuniver.edu.ua/university/faculties-and-departments/ite-faculty/department-of-computer-systems-and-technologies/

Контактний тел. **:0372513283**

E-mail: **olha.i.artemenko@lpnu.ua**
Консультації четвер з 10.00 до 16.00

1. Анотація дисципліни

Дисципліна “Паралельні алгоритми” є вибірковою дисципліною з спеціальності 122 – комп’ютерні науки для освітньої програми "Комп'ютерні науки", яка викладається в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).

Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб ознайомити студентів з основними положеннями теорії паралельних обчислень, необхідними для розробки та дослідження паралельних алгоритмів з використанням сучасних апаратних та програмних засобів. Тому в дисципліні подано як основні методи розпаралелювання обчислень, так і показано їх застосування під час розв’язання конкретних обчислювальних задач. У курсі також розглядаються деякі обчислювальні системи нетрадиційної архітектури (систолічні масиви, квазісистолічні структури, системи зі структурно-процедурною організацією обчислень, нейрокомп’ютери, машини потоків даних)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни:

Метою вивчення вибіркової дисципліни «Паралельні алгоритми» є одержання студентами знань і навичок, які потрібні для побудови ефективних паралельних алгоритмів розв’язання алгоритмічно складних задач на сучасних обчислювальних засобах – багатоядерних комп’ютерах і кластерах.

Після завершення цього курсу студент буде:

знати:

- основні поняття теорії паралельних алгоритмів;
- особливості комунікаційного середовища паралельної обчислювальної системи;
- основні методи синтезу паралельних алгоритмів;
- паралельні алгоритми для розв’язання задач цифрової фільтрації, що використовують синхронну та асинхронну схеми обчислень;
- паралельні алгоритми для розв’язання алгоритмічно складних задач лінійної алгебри;
- систолічні алгоритми фільтрації даних;
- деякі паралельні алгоритми опрацювання зображень;
- паралельні обчислювальні системи нетрадиційної архітектури (систолічні, квазісистолічні, зі структурно-процедурною організацією обчислень, потоків даних, нейромережеві);

вміти:

- знаходити середній ступінь паралелізму числового алгоритму;
- будувати алгоритми з обмеженим паралелізмом та автономними гілками;
- будувати і оцінювати систолічні та квазісистолічні алгоритми обчислень;
- знаходити прискорення та ефективність паралельного алгоритму;
- порівнювати паралельні алгоритми за швидкодією; - оптимізувати систолічні масиви.

3. Пререквізити

Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з

- чисельних методів;
- програмування;
- дискретної математики,

достатніх для сприйняття категоріального апарату теорії паралельних алгоритмів.

4. Компетентності та результати навчання

Інтегральна компетентність: Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері комп'ютерних наук.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК05. Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК01. Усвідомлення теоретичних засад комп’ютерних наук.

СК03. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

СК06. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.
СК07. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.

Отримуються наступні програмні результати навчання:

РН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.
РН9. Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими).
РН10. Проектувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення
РН11. Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування

5. Опис навчальної дисципліни

Теми лекційних занять:

Тема 1. Основні поняття про паралельні обчислення.
Сучасні задачі обчислювальних систем. Проблеми та перспективи. Поняття паралельних обчислень. Області застосування і задачі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму.

Тема 2. Архітектура паралельних обчислювальних систем.
Особливості організації паралельних обчислювальних систем. Класифікація паралельних обчислювальних систем. Взаємозв'язок класифікацій. Векторно-конвеєрні та векторнопаралельні системи. Багатопроцесорні системи: PVP, SPM, MPP, NUMA. Технологія CUDA. Кластери. Концепція GRID і метакомп'ютинг. Основні характеристики комунікаційних мереж.

Тема 3. Продуктивність обчислювальної системи. Методи оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем.
Фактори продуктивності обчислювальних систем. Методи підвищення продуктивності. Продуктивність паралельних обчислень: характеристики, оцінка. Показники ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала і Густафсона-Барсиса.

Тема 4. Комунікаційна трудомісткість паралельних обчислень.
Алгоритми маршрутизації. Методи передачі даних між процесорами.
Аналіз трудомісткості основних операцій передачі даних: один-одному, один-всім, всі-всім. Оцінка трудомісткості операцій передачі даних для кластерних систем.

Тема 5. Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.
Поняття процесу, потоку, ресурсу. Види ресурсів. Багатопроцесорні операційні системи. Синхронізація процесів: критична область, семафори, блокування. Комунікації процесів. Управління розподіленої пам'яттю.

Тема 6. Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму
Види і рівні паралелізму в комп'ютерних системах. Паралелізм даних. Паралелізм задач. Організація паралельних програм як системи потоків. Етапи розробки паралельного алгоритму. Похибки реалізації обчислювальних алгоритмів на комп'ютерах.

Тема 7. Технології паралельного програмування. Мови і системи параллельного програмування.
Огляд засобів паралельного програмування. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Технологія OpenMP. Засоби програмування з передачею повідомлень. Технологія MPI.

Тема 8. Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання деяких типових задач лінійної алгебри та обчислювальної математики.
Обчислення частинних сум послідовності чисел. Обчислення інтегралів. Паралельна реалізація різних методів сортування елементів масиву даних. Паралельні методи і алгоритми лінійної алгебри. Прямі та ітераційні методи розв'язку систем алгебраїчних рівнянь. Метод Гауса. Метод Якобі: паралельна реалізація, аналіз ефективності.

Теми практичних занять:

Видами навчальних занять при вивченні дисципліни є лекції (Л) та лабораторні заняття (ПЗ):

Тема 1. **Основні поняття про паралельні обчислення.**

Л 1. Сучасні задачі обчислювальних систем. Проблеми та перспективи. Поняття паралельних обчислень. Області застосування і задачі паралельних обчислень.

ПЗ 1. Програмний пакет MATLAB. Робота в режимі PMODE. Організація паралельних обчислень за допомогою циклу parfor.

Тема 2. **Архітектура паралельних обчислювальних систем.**

Л 2. Особливості організації паралельних обчислювальних систем. Класифікація паралельних обчислювальних систем. Багатопроцесорні системи: PVP, SPM, MPP, NUMA.

ПЗ 2. Робота з пакетами Matlab Distributed Computing Server та Parallel Computing Toolbox:

Тема 3. **Продуктивність обчислювальної системи. Методи оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем.**

Л 3. Фактори продуктивності обчислювальних систем. Методи підвищення продуктивності. Продуктивність паралельних обчислень: характеристики, оцінка. Показники ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала і Густафсона-Барсиса.

ПЗ 3. Оцінка продуктивності паралельних алгоритмів. Розрахунок показників ефективності паралельних алгоритмів.

Тема 4. **Комунікаційна трудомісткість паралельних обчислень.**

Л 4. Алгоритми маршрутизації. Методи передачі даних між процесорами. Оцінка трудомісткості операцій передачі даних для кластерних систем.

ПЗ 4. Організація розподілених обчислень на MATLAB. Оцінка ефективності роботи алгоритму на обчислювальному кластері..

Тема 5. **Паралельна обробка даних. Синхронізація і комунікації процесів.**

Л 5. Поняття процесу, потоку, ресурсу. Види ресурсів. Багатопроцесорні операційні системи. Синхронізація процесів: критична область, семафори, блокування. Комунікації процесів.

ПЗ 5. Організація передача повідомлень між потоками. Управління розподіленої пам'яттю.

Тема 6. **Моделі паралельних обчислень. Розробка паралельного алгоритму**

Л 6. Види і рівні паралелізму в комп'ютерних системах. Паралелізм даних. Паралелізм задач. Організація паралельних програм як системи потоків.

ПЗ 6. Етапи розробки паралельного алгоритму. Похибки реалізації обчислювальних алгоритмів.

Тема 7. **Технології паралельного програмування. Мови і системи параллельного програмування.**

Л 7. Огляд засобів паралельного програмування. Класифікація мов і систем паралельного програмування. Технологія MPI.

ПЗ 7. Технологія OpenMP. Технологія MPI.

Тема 8. **Паралельні чисельні алгоритми для розв'язання деяких типових задач лінійної алгебри та обчислювальної математики.**

Л 8. Чисельні алгоритми розв'язання типових задач лінійної алгебри. Чисельні алгоритми розв'язання типових задач обчислювальної математики.

ПЗ 8. Паралельні алгоритми для виконання матричних обчислень. Паралелізація алгоритму розв'язання систем лінійних рівнянь.

6. Система контролю та оцінювання

Види та форми контролю. Формами поточного контролю є: усне та письмове опитування,

- тестування,
- розв'язування ситуаційних задач,
- практичні роботи,
- контрольні роботи.

Форма підсумкового контролю: залік.

Засоби оцінювання. Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:
- контрольні роботи;
- тести;
- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- студентські презентації та виступи на наукових заходах.

Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни
Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для заліку
90 – 100	**A**	зараховано
82-89	**B**	
74-81	**C**	
64-73	**D**	
60-63	**E**	
35-59	**FX**	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	**F**	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Розподіл балів з навчальної дисципліни
Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)						Сумарна к-ть балів
Модуль №1			Модуль №2			100
Лекції	Практичні	МКР №1	Лекції	Практичні	МКР №1	
20	20	10	20	20	10	

7. Рекомендована література

Основна:

1. А.О. Мельник, В.А. Мельник Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування: монографія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 516 с.
2. Мельник А.О. Архітектура комп'ютера. Наукове видання. – Луцьк: Волинська обласна друкарня, 2008. – 470 с.
3. Спеціалізовані комп'ютерні технології в інформатиці / Возна Н.Я., Круліковський Б.Б., Николайчук Я.М., Грига В.М., Піх В.Я., Гринчишин Т.М., Давлетова А.Я., Волинський О.М., Албанський І.І., Івасьєв С.І., Якименко І., Яцків В.В., та інші: Монографія / за загальною редакцією Я.М. Николайчука. – Тернопіль: "Бескиди", 2017. – 913 с.
4.. Грига В. М. Просторово-часове перетворення паралельних алгоритмів сортування / В. М. Грига // Вісник "Комп'ютерні системи та мережі". – Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2011. – № 717. – С. 31–35.
5. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навчальний посібник – К.: "Корнійчук", 2005 – 226 с.

Додаткова:

1. Gryga V. Construction of time-space graphs for algorithms of parallel multiplication / V. Gryga // Proceedings of 2nd International Conference of Young Scientists "Computer science and engineering". – Lviv: Lviv Polytechnic National University, 2007. – P. 83-85.
2. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, B. Krulikovskyi Synthesis of a microelectronic structure of a specialized processor for sorting an array of binary numbers // Perspective technologies and methods in MEMS design. Proceedings of XIIIth International Conference. MEMSTECH 2017. – Lviv-Svalyava, Ukraine, 2017. – P. 170-173
3. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, N. Vozna, A. Voronych, B. Krulikovskyi Development and Research of of Conveyor Structures of Binary Sorting Algorithms // Advanced Computer Information Technologies. International Conference. ACIT 2018. – Ceske Budejovice, Czech Republic, 2018. – P. 123-127

4. V. Gryga, M. Karpinski, R. Kochan, A. Voronych, I. Kogut Design and research of operational and pipelined binary number sorting devices // 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference & Expo SGEM 2018. –Albena, Bulgaria, 2018. – P. 279-292.
5. V. Gryga, Y. Nykolaichuk, L. Nykolaichuk, N. Vozna, H. Klym Structuring of Algorithms for Data sorting and New Principles of Their Parallelization // Advanced Computer Information Technologies. International Conference. ACIT 2019. – Ceske Budejovice, Czech Republic, 2019. – P. 205-208.

Internet-ресурси:

1. https://www.openmp.org/
2. https://uk.wikipedia.org/.../Розподілена_система_керування
3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Паралельні_обчислення
4. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) (http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/)