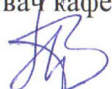


Міністерство освіти і науки України  
Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького  
ННІ Інформаційних та освітніх технологій

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри прикладної математики та інформатики

  
28.08.2024

О. В. Піскун

Робоча програма навчальної дисципліни  
**Паралельні та розподілені обчислення**

Освітній ступінь	Семестр за навч. планом	Спеціальність	Освітня програма	Обов'язковість дисципліни	Мова навчання	Погодження керівника ГЗ ОП*
бакалавр	5	126 Інформаційні системи та технології 113 Прикладна математика	Інтелектуальний аналіз даних Прикладна математика	обов'язкова	українська	О. А. Сердюк

\* групи забезпечення освітньої програми

Розробники робочої програми

О. В. Піскун	кафедра прикладної математики та інформатики	доцент	к. т. н.	
--------------	--	--------	----------	--

## СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Форма навчання	Семестр у межах дисципліни	Кількість кредитів	Загальна кількість годин	Аудиторна робота				Самостійна робота			Форма підсумкового контролю
денна	перший	6	180 год	60 год / 33 %				120 год / 67 %			іспит
				лекції	лабора- торні	прак- тичні	семінар- ські	розрахункові роботи	індивіду- альні завдання	підготовка до занять	
				30 год	30 год				60 год	60 год	

## МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення студентами проблематики організації паралельних і розподілених обчислень, математичних моделей, методів і технологій розподілених обчислень для багатопроцесорних обчислювальних систем, теоретичних та практичних основ виявлення паралелізму, розпаралелювання алгоритмів, перетворення послідовних програм у паралельні, принципів побудови паралельних та розподілених програмних додатків для різноманітних комп'ютерних систем, а також набуття практичних навичок щодо створення, тестування та експлуатації паралельного програмного продукту з використанням сучасних пакетів та стандартів паралельного програмування, розгляд основних алгоритмів для розв'язання типових задач обчислювальної математики.

## ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ТА УЗГОДЖЕННЯ З ІНШИМИ ДИСЦИПЛІНАМИ

Курс базується на поняттях, що вивчаються в дисциплінах:

- програмування;
- дискретна математика;
- алгебра та геометрія;
- алгоритми та структури даних;
- мови програмування;
- теорія ймовірностей та математична статистика;
- архітектура обчислювальних систем;

- об'єктно-орієнтоване програмування;
- методи обчислень.

## ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Знання теоретичних основ організації паралельних і розподілених обчислювальних процесів, розпаралелювання алгоритмів, перетворення послідовних програм у паралельні; проблематики організації паралельних та розподілених обчислень; понять розподілених обчислень та розподіленої системи; систем розробки паралельних програм; моделей та методів розв'язання задач великої розмірності; принципів паралельного програмування.

Вміння оцінювати складові ефективності алгоритмів функціонування комп'ютеризованих систем; розподіляти операції і дані алгоритму між процесорами; встановлювати порядок виконання операцій та обміну даними; використовувати інструментальні засоби для організації паралельних і розподілених обчислювальних процесів; розробляти моделі розподілених обчислень; проводити аналіз комунікаційної трудомісткості розподілених алгоритмів; оцінювати ефективність розроблених паралельних програм, враховуючи основні показники ефективності: час виконання програми, прискорення, ефективність та вартість; використовувати розподілені системи для розв'язання прикладних задач у різних предметних галузях; аналізувати алгоритми з метою виявлення у них внутрішнього паралелізму; застосовувати методи розв'язання задач з використанням паралельних технологій; використовувати прийоми паралельного програмування для написання програмного коду; використовувати пакети паралельного програмування.

Результатом вивчення навчальної дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» є формування наступного комплексу компетентностей.

**Інтегральна компетентність:** здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, або в процесі навчання, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування теорій та методів інформаційних технологій.

### **Загальні компетентності:**

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

### **Фахові компетентності:**

- СК 3. Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (ІоТ), комп'ютерно-інтегрованих систем та системної мережевої структури, управління ними;
- СК 6. Здатність використовувати сучасні інформаційні системи та технології (виробничі, підтримки прийняття рішень, інтелектуального аналізу даних та інші), методики й техніки кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків;
- СК 11. Здатність до аналізу, синтезу і оптимізації інформаційних систем та технологій з використанням математичних моделей і методів;
- СК 12. Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет);
- СК 13. Здатність проводити обчислювальні експерименти, порівнювати результати експериментальних даних і отриманих рішень.

## ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

- ПРН 3. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання інформаційних систем та технологій.
- ПРН 6. Демонструвати знання сучасного рівня технологій інформаційних систем, практичні навички програмування та використання прикладних і спеціалізованих комп'ютерних систем та середовищ з метою їх запровадження у професійній діяльності.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни, який визначається до кожного завдання через якісні критерії і трансформується в мінімальну позитивну оцінку обраної для даної дисципліни шкали. Після завершення курсу використана шкала перенормовується у накопичувальну 100-бальну системою з відповідністю у національній («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та ЄКТС (A, B, C, D, E, FX, F) шкалах.

Контроль проводиться у чотири етапи: вхідний (у формі тестів для визначення рівня підготовки студентів з дисциплін, що забезпечують цей курс; за результатами цього контролю розробляються заходи індивідуальної допомоги студентам, коригування освітнього процесу тощо), поточний (при проведенні лекцій та лабораторних занять і має на меті перевірку рівня засвоєння студентом матеріалу курсу та підготовленості студента до виконання конкретних видів навчальної діяльності), проміжний (модульний; при закінченні вивчення логічно завершеної частини навчальної дисципліни) та семестровий контроль.

## ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Екзамен; аналітичні звіти; лістинги програм; міні-проекти та проекти.



ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Аудиторна робота «Слухай, читай, обговорюй»** (Л – лекція, Лб – лабораторне заняття, Пр – практичне заняття, См – семінарське заняття)

**Самостійна робота «Думай, пиши, аналізуй, досліджуй, твори»** (Рр – розрахункова робота, Інд – індивідуальне завдання, Пз – підготовка до занять)

**Контроль «Захищай, відстоюй, неси відповідальність»** (МК – модульний контроль; ПК – підсумковий контроль)

Тема	Тема навчального заняття	К-сть годин за денною/заочною формами навчання	Засіб оцінювання	Максимальна кількість балів за формами навчання
Вхідний контроль			тест	---
<b>Змістовий модуль 1. Паралельні обчислення з використанням бібліотек OpenMP та OpenCL</b>				<b>20 / ---</b>
1.1. Вступ до паралельного програмування	<b>Л1</b> Огляд паралельних систем. <i>Л-ра: 2, 9</i>	2 / –	---	---
1.2. Програмування багатоядерних процесорів з використанням бібліотеки OpenMP	<b>Л2</b> Модель програмування з розподіленою пам'яттю. <i>Л-ра: 2, 9</i>	2 / –	---	---
	<b>Лб1</b> Використання бібліотеки OpenMP для написання багатопоточних програм. <i>Л-ра: 2</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз1</b> Використання бібліотеки OpenMP для написання багатопоточних програм.	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---

	<i>Л-ра: 2</i>			
	<b>Л3</b> Паралельне виконання циклів. <i>Л-ра: 2</i>	2 / –	---	---
	<b>Л62</b> Реалізація паралельного виконання циклів та об'єднання результатів. <i>Л-ра: 2</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз2</b> Реалізація паралельного виконання циклів та об'єднання результатів. <i>Л-ра: 2</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Л4</b> Паралельні задачі. <i>Л-ра: 2</i>	2 / –	---	---
	<b>Л63</b> Паралельне виконання незалежних задач та об'єднання результатів. <i>Л-ра: 2</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз3</b> Паралельне виконання незалежних задач та об'єднання результатів. <i>Л-ра: 2</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Інд1</b> Розробка паралельної реалізації розв'язку задачі з використанням бібліотеки OpenMP. <i>Л-ра: 2, 9</i>	10 / –	аналітичний звіт з лістингами програм	3 / ---
1.3. Розробка паралельних програм з використання бібліотеки OpenCL	<b>Л5</b> Модель паралельності OpenCL. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Л64</b> Реалізація простого ядра. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз4</b> Реалізація простого ядра.	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---

	<i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>			
	<b>Л6</b> Модель пам'яті OpenCL на host-комп'ютері. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Л65</b> Реалізація програми з використанням оперативної пам'яті host-комп'ютера. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз5</b> Реалізація програми з використанням оперативної пам'яті host-комп'ютера. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Л7</b> Модель пам'яті OpenCL на пристрої-виконавці. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Л66</b> Реалізація програми з використанням оперативної пам'яті пристроя-виконавця. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз6</b> Реалізація програми з використанням оперативної пам'яті пристроя-виконавця. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Л8</b> Виконання програм OpenCL на гетерогенній системі. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	2 / –	---	---
	<b>Л67-8</b> Реалізація програм OpenCL на гетерогенній системі. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	4 / –	---	---
	<b>Пз7-8</b> Реалізація програм OpenCL на гетерогенній системі. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8</i>	8 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Інд2</b> Розробка паралельної реалізації розв'язку задачі з використанням бібліотек OpenMP і OpenCL та порівняльний аналіз результатів. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8, 9</i>	20 / –	аналітичний звіт з лістингами програм	6 / ---

Модульний контроль	<b>МК1</b> Тест за матеріалами змістового модуля 1. <i>Л-ра: 2, 5, 6, 7, 8, 9</i>		тест	4 / ---
<b>Змістовий модуль 2. Паралельні обчислення з використанням графічних процесорів</b>				<b>30 / ---</b>
2.1. Розробка паралельних програм з використанням CUDA	<b>Л9</b> Архітектура графічного процесора. Вступ до CUDA C. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Л69</b> Визначення параметрів пристроїв, що підтримують CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз9</b> Визначення параметрів пристроїв, що підтримують CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Л10</b> Паралельне програмування на CUDA C. Взаємодія тредів у моделі CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Л610</b> Реалізація та порівняння швидкодії обчислювальних програм з та без використання CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз10</b> Реалізація та порівняння швидкодії обчислювальних програм з та без використання CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	1 / ---
	<b>Л11</b> Константна пам'ять та події у моделі CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Л611</b> Реалізація вимірювання продуктивності програм з використанням CUDA.	2 / –	---	---



	<i>Л-ра: 1, 3, 4</i>			
	<b>Пз11</b> Реалізація вимірювання продуктивності програм з використанням CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	2 / ---
	<b>Л12</b> Текстурна пам'ять у моделі CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Лб12</b> Реалізація програм з використанням текстурної пам'яті. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз12</b> Реалізація програм з використанням текстурної пам'яті. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	2 / ---
	<b>Л13</b> Взаємодія програм на CUDA C з графікою. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Лб13</b> Реалізація програм анімації графічних зображень. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз13</b> Реалізація програм анімації графічних зображень. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	2 / ---
	<b>Л14</b> Атомарні операції у моделі CUDA. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Лб14</b> Використання атомарних операцій при реалізації паралельних програм. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	2 / –	---	---
	<b>Пз14</b> Використання атомарних операцій при реалізації паралельних програм. <i>Л-ра: 1, 3, 4</i>	4 / –	звіт з лістингами програм	2 / ---
	<b>Л15</b> Потоки у моделі CUDA.	2 / –	---	---

## РЕКОМЕНДОВАНИ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Trobec R., Slivnik B., Bulić P., Robič B. Introduction to parallel computing. From algorithms to programming on state-of-the-art platforms. – Springer, 2018. – 259 p. ДОДАТКОВІ ДЖЕРЕЛА
2. Soyata T. GPU parallel program development using CUDA. – CRC Press, 2018. – 447 p.
3. Kaeli D.R., Mistry P., Schaa D., Zhang D.P. Heterogeneous computing with OpenCL 2.0. – Elsevier, 2015. – 313 p.
4. Gaster B.R., Howes L., Kaeli D.R., Mistry P., Schaa D. Heterogeneous computing with OpenCL. Revised OpenCL 1.2 Edition. – Elsevier, 2013. – 297 p.
5. Tay R. OpenCL parallel programming development cookbook. Accelerate your applications and understand high-performance computing with over 50 OpenCL recipes. – Packt Publishing, 2013. – 300 p.
6. Banger R., Bhattacharyya K. OpenCL programming by example. A comprehensive guide on OpenCL programming with examples. – Packt Publishing, 2013. – 300 p.