

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТОРГОВЕЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

Система забезпечення якості освітньої діяльності та якості вищої освіти

сертифікована на відповідність ДСТУ ISO 9001:2015 / ISO 9001:2015

Кафедра комп'ютерних наук та інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖЕНО

вченою радою

(пост. Д. № 1 від « 11 » 20 20 р.)

Ректор



А. А. Мазаракі

**ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ТА
ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ/
DISTRIBUTED SYSTEMS AND PARALLEL COMPUTING
TECHNOLOGIES**

**РОБОЧА ПРОГРАМА /
COURSE OUTLINE**

освітній ступінь	бакалавр	/	Bachelor
галузь знань	<u>12 Інформаційні технології</u>	/	<u>Information Technologies</u>
спеціальність	<u>122 Комп'ютерні науки</u>	/	<u>Computer Sciences</u>
спеціалізація	<u>Комп'ютерні науки</u>	/	<u>Computer Sciences</u>

Київ 2020

**Розповсюдження і тиражування без офіційного дозволу КНТЕУ
заборонено**

Автори: Г. Т. Самойленко, кандидат фізико-математичних наук, доцент,
А.В. Селіванова, старший викладач

Робочу програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри
комп'ютерних наук та інформаційних систем 10.11.2020р., протокол № 10

Рецензенти: П.Г. Демідов, кандидат технічних наук, доцент.
С.П. Кудрявцева, к.т.н, провідний науковий співробітник
Міжнародного науково-навчального центру інформаційних
технологій та систем НАН України.

**ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ТА
ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ/
DISTRIBUTED SYSTEMS AND PARALLEL COMPUTING
TECHNOLOGIES**

**РОБОЧА ПРОГРАМА /
COURSE OUTLINE**

освітній ступінь	бакалавр	/	Bachelor
галузь знань	<u>12 Інформаційні технології</u>	/	<u>Information Technologies</u>
спеціальність	<u>122 Комп'ютерні науки</u>	/	<u>Computer Sciences</u>
спеціалізація	<u>Комп'ютерні науки</u>	/	<u>Computer Sciences</u>

1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛІНИ ТА РОЗПОДІЛ ГОДИН ЗА ТЕМАМИ (ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН)

Назва теми	Кількість годин				Форми контролю
	Усього годин / кредитів	з них			
		лекції	лабораторні заняття	самостійна робота студентів	
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Паралельні обчислювальні системи.	20	2	4	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 2. Принципи побудови розподіленої системи.	20	2	4	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 3. Принципи розробки та етапи проектування паралельних методів	24	4	6	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 4. Моделювання паралельних програм	24	4	6	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 5. Етапи розробки паралельних алгоритмів.	24	4	6	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 6. Основи паралельного програмування.	24	4	6	14	О, ПСР, ПЛР
Тема 7. Технологій паралельного програмування.	20	4	4	12	О, ПСР, ПЛР
Тема 8. Паралельне програмування в стандартах OpenMP, MPI. Гібридне паралельне програмування в стандартах OpenMP та MPI.	24	4	6	14	О, ПСР, МК, ПЛР
Разом	180/6	28	42	110	
Підсумковий контроль – екзамен					

Умовні позначення: ПСР – перевірка самостійної роботи; МК – модульний контроль; ПЛР – перевірка лабораторної роботи; О – опитування.

2. ТЕМАТИКА ТА ЗМІСТ ЛЕКЦІЙНИХ, ПРАКТИЧНИХ (СЕМІНАРСЬКИХ), ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

Результати навчання	Навчальна діяльність*	Робочий час студента, год
1	2	3
<p>Знати: основні види паралелізму та їх особливості</p> <p>Вміти: Визначати особливості складних обчислювальних проектів</p>	<p>Тема 1. Паралельні обчислювальні системи.</p> <p>Лекція № 1. Паралельні обчислювальні системи. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поняття паралельної обчислювальної системи. 2. Паралельна обробка. 3. Види паралелізму: багатопроцесорна обробка, конвейерна обробка, векторна обробка, векторно-конвейерна обробка. 4. Паралельні обчислювальні системи. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	20
	<p>Самостійна робота студентів. Вивчення матеріалу до теми «Паралельні обчислювальні системи», підготовка до лабораторного заняття. Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Типи паралелізму 2. Паралелізм на рівні бітів. 3. Паралелізм на рівні інструкцій. 4. Паралелізм даних 5. Паралелізм завдань (багатопоточність). <p>Самостійна робота студентів перевіряється з допомогою опитувань, перевірки виконання лабораторних робіт та написання рефератів на питання винесених на самостійне опрацювання.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	14
	<p>Лабораторне заняття №1. Тема: «Організація розподілених обчислень». Завдання до заняття:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознайомитись з принципами організації 	4

	<p><i>розподілених обчислень і актуальними обчислювально складними проектами.</i></p> <p><i>2. Встановити клієнт BOINC для відповідної операційної системи, використовуючи посилання http://boincstats.com/page/download.php.</i></p> <p><i>3. Вибрати проект згідно варіанту. Ознайомитися із змістом і статусом проекту використовуючи посилання http://boincstats.com</i></p> <p><i>4. Додати вибраний проект в клієнт (Головне меню → Сервіс → Додати проект). Дочекатися завершення завантаження даних проекту і початку розрахунку (для деяких проектів, наприклад World Community Grid, потрібна попередня реєстрація на сайті)</i></p> <p><i>5. Підготувати звіт про виконання лабораторної роботи.</i></p>	
<p>Знати: основні поняття, атрибути розподілених систем</p> <p>Вміти: використовувати отримані теоретичні знання про побудову розподілених систем в практичній діяльності.</p>	<p>Тема 2. Принципи побудови розподіленої системи.</p> <p>Лекція № 2. Принципи побудови розподіленої системи.</p> <p>План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апаратна побудова розподілених систем. 2. Програмна побудова розподілених систем. 3. Види паралельної взаємодії. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	<p>20</p> <p>2</p>
	<p>Самостійна робота студентів.</p> <p>Вивчення матеріалу до теми «Принципи побудови розподіленої системи», підготовка до лабораторного заняття.</p> <p>Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація архітектур паралельних обчислювальних систем. 1. Класифікація Флінна. 2. Класифікація Фенга. 3. Класифікація Хокні. 4. Класифікація Скіллікорна. <p>Самостійна робота студентів перевіряється з допомогою опитувань, перевірки виконання лабораторних робіт та написання рефератів на питання винесених на самостійне опрацювання.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2</p>	<p>14</p>

	<p>Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	
	<p>Лабораторне заняття №2. Тема: «Принципи побудови розподіленої системи». Завдання до заняття:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вибрати проект згідно варіанту. Ознайомитися із змістом і статусом проекту використовуючи посилання http://boincstats.com 2. Навести конфігурацію комп'ютера і характеристики проекту 3. Навести технічні screenshot-и характеристик виконаного проекту (мінімальний і максимальний час обчислення завдання на комп'ютері, можливість використання багатоядерності, об'єм вхідного трафіку при завантаженні завдання, об'єм вихідного трафіку при відправці результатів обчислень) 4. Узагальнити отримані результати. 5. Підготувати звіт про виконання лабораторної роботи. 	4
<p>Знати: основні принципи декомпозиції обчислювальних систем</p> <p>Вміти: Розподіляти набори підзадач між процесорами</p>	<p>Тема 3. Принципи розробки та етапи проектування паралельних методів</p>	24
	<p>Лекція № 3. Принципи розробки паралельних методів. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Аналіз обчислювальних систем . 2. Декомпозиція обчислювальних систем на частини (підзадачі). 3. Реалізація підзадач. 	2
	<p>Лекція № 4. Етапи проектування паралельних методів. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Визначення обчислювальної системи, необхідної для вирішення задачі. 2. Розподілення набору підзадач між процесорами системи. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	2
	<p>Самостійна робота студентів. Вивчення матеріалу до теми «Принципи розробки та етапи проектування паралельних методів», підготовка до лабораторного заняття. Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури</p>	14

	<p>та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виділення для сформованого набору під задач інформаційних взаємодій, що відбуваються в процесі вирішення поставленої задачі. 2. Розподіл підзадач. Приклади реалізацій. <p>Самостійна робота студентів перевіряється з допомогою опитувань, перевірки виконання лабораторних робіт та написання рефератів на питання винесених на самостійне опрацювання.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1,2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	
	<p>Лабораторне заняття №3. Тема: «Організація кластерних обчислень з використанням технології MPI».</p> <p><i>Завдання до заняття:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити MPICH на вузлах кластера 2. Виконати інсталятор <code>mpich2-1.0.7-win32-ia32.msi</code> 3. Налаштувати MPICH 4. Спочатку потрібно запустити один, два, і чотири процеси на одному комп'ютері. 5. Проаналізувати отримані результати з наведеними <code>screenshot</code>-ами (<code>Wmpiregister</code>, <code>Wmpiconfig</code>, <code>Wmpirerun</code> для варіантів запуску 1, 2, 4 процеси в режимі <code>localhost</code>, та 1, 2, 4 процеси із залученням двох чи більше комп'ютерів) 6. Підготувати звіт про виконання лабораторної роботи. 	6
<p>Знати: основні поняття про моделювання паралельних програм.</p> <p>Вміти: використовувати отримані теоретичні знання для організації розподілу підзадач в практичній</p>	<p>Тема 4. Моделювання паралельних програм.</p> <p>Лекція № 5. Моделювання паралельних програм. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Представлення паралельного методу на стадії проектування 2. Представлення графом «підзадачі – повідомлення». <p>Лекція № 6. Модель «процеси-канали». План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель для опису паралельної програми на стадії виконання 2. Модель опису у вигляді графа «процеси – канали». 	<p>24</p> <p>2</p> <p>2</p>

	<i>Втрієхес для варіантів запуску (2, 4, 6 процесів) і короткими пояснення до них.</i>	
<p>Знати: основні методи декомпозицій</p> <p>Вміти: використовувати отримані теоретичні знання для декомпозиції даних в практичній діяльності.</p>	<p>Тема 5. Етапи розробки паралельних алгоритмів.</p> <p>Лекція № 7. Методи декомпозиції. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Розділення обчислень на незалежні частини. 2. Паралелізм по даним. 3. Функціональний паралелізм. 4. Методи декомпозиції: рекурсивний, декомпозиція даних, дослідницька декомпозиція, спекулятивна декомпозиція. 5. Вибір належного рівня декомпозиції. <p>Лекція № 8. Балансування обчислювального навантаження. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Динамічне балансування обчислювального навантаження. 2. Концепція машин потоків даних. 3. Асинхронна паралельність. 4. Синхронна паралельність. Віртуальні процесори. 5. Оцінка ефективності паралельних алгоритмів. Показники ефективності паралельних алгоритмів. 6. Оцінка максимально досяжного паралелізму. Закони Амдала. Закон Густавсона-Барсиса. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	<p>24</p> <p>2</p> <p>2</p>
	<p>Самостійна робота студентів. Вивчення матеріалу до теми «Етапи розробки паралельних алгоритмів», підготовка до лабораторного заняття. Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Виділення інформаційних залежностей. 2. Проектування зв'язків. 3. Класифікація зв'язків. 4. Локальні зв'язки. Глобальні зв'язки. 5. Масштабування набору підзадач: агрегація і деталізація обчислень. 6. Розподілення задач між процесорами. 	<p>14</p>

	<p><i>Завдання до заняття:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реалізувати засобами MPI віртуальну декартову топологію відповідно до варіанту. 2. В кожному процесі за допомогою функцій MPI_Cart_coords та MPI_Cart_rank визначити координати та відповідні їм номери процесів. 3. Переконатися, що кожній координаті відповідає один номер процесу. 4. Побудувати таблицю відповідності номеру процесу та його координат. 5. За допомогою функції MPI_Cart_shift виконати (циклічний) зсув заданого самостійно масиву із 10 цілих випадкових чисел. В звіті навести проведені транзакції. 6. Підготувати звіт про виконання лабораторної роботи. 	
<p>Знати: Поняття паралельного програмування</p> <p>Вміти: використовувати отримані теоретичні знання з паралельного програмування в практичній діяльності.</p>	<p>Тема 7. Технології паралельного програмування.</p> <p>Лекція № 11. Паралельні мови. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Класифікація технологій. 2. Розпаралелюючі компілятори. 3. Паралельні мови. 4. Паралельні розширювання. <p>Лекція № 12. План лекції:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Інтерфейси паралельного програмування. 2. Інструментальні системи розробки. 3. Спеціалізовані прикладні пакети. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	<p>20</p> <p>2</p> <p>2</p>
	<p>Самостійна робота студентів. Вивчення матеріалу до теми «Технології паралельного програмування», підготовка до лабораторного заняття. Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Паралельні розширювання. 2. Інтерфейси паралельного програмування. 3. Інструментальні системи розробки. <p>Самостійна робота студентів перевіряється з</p>	<p>12</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Режими запуску паралельних програм SPMD та MPMD. 3. Стандарт Message Passing Interface (MPI). Основні поняття та функції MPI. 4. Порівняння стандартів OpenMP та MPI. 5. Плюси та мінуси архітектури OpenMP+MPI. OpenMP-програма. MPI-програма. 6. Підходи до розпаралелювання. OpenMP+ MPI-програма. <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 2 Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	
	<p>Самостійна робота студентів. Вивчення матеріалу до теми «Паралельне програмування в стандартах OpenMP, MPI. Гібридне паралельне програмування в стандартах OpenMP та MPI», підготовка до лабораторного заняття. Самостійна робота передбачає вивчення окремих питань дисципліни на основі опрацювання літератури та пошуку інформаційних джерел у середовищі Інтернет. Пропонуються такі питання для самостійного опрацювання:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Модель Fork-Join. 2. Стандарт OpenMP. 3. Проста OpenMP-програма. 4. Переваги OpenMP. 5. Директиви OpenMP. 6. Функції бібліотеки OpenMP. <p>Самостійна робота студентів перевіряється з допомогою опитувань, перевірки виконання лабораторних робіт та написання рефератів на питання винесених на самостійне опрацювання.</p> <p>Список рекомендованих джерел: Основний: 1, 2, Додатковий: 1,2,3 Інтернет-ресурси: 1,2</p>	14
	<p>Лабораторне заняття №10. Тема: «Гібридне паралельне програмування в стандартах OpenMP та MPI». Завдання до заняття:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Реалізувати задачу матрично-векторного множення, використовуючи вхідні дані відповідно до завдань (n – розмірність квадратної матриці). 2. Виконати розбиття матриці по горизонтальних та по вертикальних смужках. 3. Розроблену програму виконати по чергово на 1, 	6

	2, 4, 6 вузлах. Отримані часові показники проаналізувати і використати для побудови графіка 4. Підготувати звіт про виконання лабораторної роботи.	
	Разом	180

* +20% інтерактиву – зазначені курсивом

3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основний:

1. Павленко Л. А. Корпоративні інформаційні системи: Навчальний посібник./ Л. А. Павленко - Харків: ВД "ІНЖЕК", 2005. – 260 с.
2. Катренко А.В., Системний аналіз об'єктів та процесів комп'ютеризації : Навчальний посібник./А.В. Катренко. – Львів: "Новий світ-2000", 2003. – 424 с.

Додатковий:

1. Андрианов С. Н., Дегтярев А. Б. Параллельные и распределенные вычисления / С.Н. Андрианов, А. Б. Дегтярев — С.-Петербург.: Издательство С.-Петербургского университета, 2007. — 61 с.
2. Таненбаум Э., Ван Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э.Таненбаум, М. Ван Стеен - СПб: Питер, 2003. — 800 с.
3. Богачев Н.Ю. Основы параллельного программирования. / Н.Ю. Богачев. – Бином. ЛЗ, 2015. – 343 с.

Інтернет-ресурси:

1. OpenMP Architecture Review Board [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.openmp.org/>
2. Open Grid Forum [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gridforum.org>

*Курсивом зазначені джерела, що є в наявності в бібліотеці КНТЕУ