

**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. № \_\_\_\_\_ Від \_\_\_\_\_ 10 2020 р.)

Ректор

А. А. Мазаракі



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

**ПРОГРАМА /  
COURSE SUMMARY**

**Київ 2020**

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

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

Програму розглянуто і затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та інформаційних систем 18.05.2020р., протокол № 18

Програму розглянуто і затверджено на засіданні Вченої ради факультету інформаційних технологій 16.09.2020р., протокол № 2

Рецензенти: П.Г. ДЕМІДОВ, кандидат технічних наук, доцент.  
Кудрявцева С.П., 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**

**ПРОГРАМА /  
COURSE SUMMARY**

## ВСТУП

Програма дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» призначена для здобувачів першого рівня вищої освіти ОС «Бакалавр», галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», спеціалізації «Комп'ютерні науки», та галузі знань 12 «Інформаційні технології», спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» спеціалізації «Інформаційні системи та технології».

Програму підготовлено з урахуванням вимог Стандартів вищої освіти України та відповідних освітньо-професійних програм підготовки бакалаврів.

Програма складається з таких розділів:

1. Мета, завдання та предмет дисципліни.
2. Передумови вивчення дисципліни як вибіркової компоненти освітньої програми.
3. Результати вивчення дисципліни.
4. Зміст дисципліни.
5. Список рекомендованих джерел.

### **1. МЕТА, ЗАВДАННЯ ТА ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛІНИ**

*Метою* вивчення дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є надання поглиблених знань та практичних навичок щодо теорії та практики побудови й використання розподілених систем і паралельних обчислень.

*Завданням* вивчення дисципліни «Технології розподілених систем та паралельних обчислень» є засвоєння методів створення розподілених систем та технології їх проектування, наповнення та підтримання в робочому стані, вивчення методів і засобів паралельних обчислень та їх застосувань на практиці.

*Предметом* вивчення дисципліни є принципи розробки та етапи проектування паралельних методів.

### **2. ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ЯК ВИБІРКОВОЇ КОМПОНЕНТИ ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ**

*Знання:*

- принципів побудови розподілених систем обробки інформації;
- паралельних обчислювальних систем та типів паралелізму;
- взаємозв'язку розподілених систем обробки інформації і паралельних обчислень;
- ролі розподілених систем обробки інформації в сфері професійної діяльності;
- переваг та недоліків розподілених систем;
- принципів розробки та етапів проектування паралельних методів;
- методів підвищення ефективності паралельних програм;

- основ паралельного програмування

*Вміння:*

- використовувати паралелізм при побудові розподілених систем;
- провести аналіз обчислювальних систем і декомпозицію їх на частини;
- провести моделювання паралельних програм;
- розробляти паралельні алгоритми;
- провести оцінку ефективності паралельних алгоритмів;
- програмувати в стандартах OpenMP, MPI.

### 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Технології розподілених систем та паралельних обчислень», як вибіркова компонента освітньо-професійної програми, забезпечує оволодіння студентами загальними та фаховими компетентностями і досягнення ними програмних результатів навчання за відповідними освітньо-професійними програмами:

*Комп'ютерні науки (ОС бакалавр)*

<b>Номер в освітній програмі</b>	<b>Зміст компетентності</b>	<b>Номер теми, що розкриває зміст компетентності</b>
<i>Загальні компетентності за освітньо-професійною програмою</i>		
ЗК 2	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	1,2,3
ЗК 3	Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.	1,2,3
<i>Фахові компетентності за освітньо-професійною програмою</i>		
СК 9	Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.	2,3,4,5,6,7,8
СК 12	Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.	2,3,5,6,7,8

СК 14	Здатність застосовувати методи та засоби забезпечення інформаційної безпеки, розробляти й експлуатувати спеціальне програмне забезпечення захисту інформаційних ресурсів об'єктів критичної інформаційної інфраструктури.	3,4,5,6,7,8
СК 16	Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.	3,5,6,7,8
<i>Програмні результати навчання за освітньо-професійною програмою</i>		
ПР 10	Використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проектувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, розробляти та оптимізувати запити до них, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази знань, у тому числі на хмарних сервісах, із застосуванням мов веб-програмування.	2,3,4,5,6,7,8
ПР 17	Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.	2,3,4,5,6,7,8
<b><i>Інформаційні системи та технології (ОС бакалавр)</i></b>		
<i>Загальні компетентності за освітньо-професійною програмою</i>		
КЗ 2	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.	1,3,4,5
КЗ 3	Здатність до розуміння предметної області та професійної діяльності.	1,2,3
КЗ 5	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	1,2,3,5
<i>Фахові компетентності за освітньо-професійною програмою</i>		
КС 3	Здатність до проектування, розробки, налагодження та вдосконалення системного, комунікаційного та програмно-апаратного забезпечення інформаційних систем та технологій, Інтернету речей (IoT), комп'ютерно-інтегрованих систем та	1,2,3,5,6,7,8

	системної мережної структури, управління ними.	
КС 4	Здатність проектувати, розробляти та використовувати засоби реалізації інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій (методичні, інформаційні, алгоритмічні, технічні, програмні та інші).	2,3,5,6,7,8
КС 7	Здатність застосовувати інформаційні технології у ході створення, впровадження та експлуатації системи менеджменту якості та оцінювати витрати на її розроблення та забезпечення.	2,3,4,5
КС 10	Здатність вибору, проектування, розгортання, інтегрування, управління, адміністрування та супроводжування інформаційних систем, технологій та інфокомунікацій, сервісів та інфраструктури організації.	2,3,4,5,6
КС 12	Здатність управляти та користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними системами та технологіями (у тому числі такими, що базуються на використанні Інтернет).	3,4,6
<i>Програмні результати навчання за освітньо-професійною програмою</i>		
ПР 3	<b>Використовувати</b> 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.	1,2,3
ПР 5	<b>Аргументувати</b> вибір програмних та технічних засобів для створення інформаційних систем та технологій на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи і експлуатаційних умов; <b>мати навички</b> налагодження та тестування програмних і технічних засобів	2,3,4,5,6,7,8

	інформаційних систем та технологій.	
ПР 6	<b>Демонструвати</b> 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.	2,3,5,6,7,8
ПР 7	<b>Обґрунтовувати</b> вибір технічної структури та розробляти відповідне програмне забезпечення, що входить до складу інформаційних систем та технологій.	2,3,5,6,7,8

#### 4. ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

##### **Тема 1. Паралельні обчислювальні системи.**

Поняття паралельної обчислювальної системи. Паралельна обробка. Види паралелізму: багатопроцесорна обробка, конвейерна обробка, векторна обробка, векторно-конвейерна обробка. Паралельні обчислювальні системи. Типи паралелізму: Паралелізм на рівні бітів. Паралелізм на рівні інструкцій. Паралелізм даних Паралелізм завдань (багатопоточність).

##### **Список рекомендованих джерел**

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

##### **Тема 2. Принципи побудови розподіленої системи.**

Апаратна побудова розподілених систем. Програмна побудова розподілених систем. Види паралельної взаємодії. Класифікація архітектур паралельних обчислювальних систем: Класифікація Флінна. Класифікація Фенга. Класифікація Хокні. Класифікація Скіллікорна.

##### **Список рекомендованих джерел**

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

##### **Тема 3. Принципи розробки та етапи проектування паралельних методів.**

Аналіз обчислювальних систем і декомпозиція їх на частини (підзадачі), які можуть бути реалізовані незалежно одна від одної. Виділення для сформованого набору під задач інформаційних взаємодій, що відбуваються в процесі вирішення поставленої задачі. Визначення обчислювальної системи, необхідної для вирішення задачі. Розподілення набору підзадач між процесорами системи.

##### **Список рекомендованих джерел**

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

#### **Тема 4. Моделювання паралельних програм.**

Представлення паралельного методу на стадії проектування графом «підзадачі – повідомлення». Модель для опису паралельної програми на стадії виконання у вигляді графа «процеси – канали». Особливості застосування моделі «процеси – канали».

#### **Список рекомендованих джерел**

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

#### **Тема 5. Етапи розробки паралельних алгоритмів.**

Розділення обчислень на незалежні частини: Паралелізм по даним. Функціональний паралелізм. Методи декомпозиції: рекурсивний, декомпозиція даних, дослідницька декомпозиція, спекулятивна декомпозиція. Вибір належного рівня декомпозиції. Виділення інформаційних залежностей. Проектування зв'язків. Класифікація зв'язків. Локальні зв'язки. Глобальні зв'язки. Масштабування набору підзадач: агрегація і деталізація обчислень. Розподілення задач між процесорами. Схема "менеджер - виконавець". Топології багатопроцесорних обчислювальних систем. Динамічне балансування обчислювального навантаження. Концепція машин потоків даних. Асинхронна паралельність. Синхронна паралельність. Віртуальні процесори. Оцінка ефективності паралельних алгоритмів. Показники ефективності паралельних алгоритмів. Оцінка максимально досяжного паралелізму. Закони Амдала. Закон Густавсона-Барсиса.

#### **Список рекомендованих джерел**

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

#### **Тема 6. Основи паралельного програмування.**

Основні поняття. Концепція процесу. Визначення потоку. Поняття ресурсу. Організація паралельних програм як системи потоків. Взаємодія і взаємовиключення потоків. Розробка алгоритму взаємовиключення: Варіант1: Жорстка синхронізація. Варіант2: Загублення взаємовиключення. Варіант 3: Можливість взаємоблокування. Варіант4: Безкінечне відкладання. Варіант5: Алгоритм Деккера. Семафори. Монітори. Синхронізація потоків. Умовні змінні. Бар'єрна синхронізація. Взаємоблокування потоків. Модель програми у вигляді графу «потік – ресурс». Опис можливих змін стану програми. Знаходження та виключення тупиків. Класичні задачі синхронізації. Методи підвищення ефективності паралельних програм: Оптимізація кількості потоків. Мінімізація взаємодії потоків. Оптимізація роботи з пам'яттю.



## Список рекомендованих джерел

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

### **Тема 7. Технологій паралельного програмування.**

Класифікація технологій. Розпаралелюючі компілятори. Паралельні мови. Паралельні розширювання. Інтерфейси паралельного програмування. Інструментальні системи розробки. Спеціалізовані прикладні пакети.

## Список рекомендованих джерел

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

### **Тема 8. Паралельне програмування в стандартах OpenMP, MPI. Гібридне паралельне програмування в стандартах OpenMP та MPI.**

Модель Fork-Join. Стандарт OpenMP. Проста OpenMP-програма. Переваги OpenMP. Директиви OpenMP. Функції бібліотеки OpenMP. Змінні оточення OpenMP. Область бачення змінних. Власні та загальні змінні. Розподілення обчислень. Розпаралелювання циклів. Редукція операцій в циклах. Розподілення ітерацій цикла. Синхронізація обчислень. Директиви і параметри. Модель передачі повідомлень для паралельного програмування в системах з розподіленою пам'яттю. Режими запуску паралельних програм SPMD та MPMD. Стандарт Message Passing Interface (MPI). Основні поняття та функції MPI. Порівняння стандартів OpenMP та MPI. Плюси та мінуси архітектури OpenMP+MPI. OpenMP-програма. MPI-програма. Підходи до розпаралелювання. OpenMP+ MPI-програма.

## Список рекомендованих джерел

*Основний: 1,2*

*Додатковий: 1,2,3*

*Інтернет-ресурси: 1,2*

## 5. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

### **Основний:**

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

### **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 – М.: "Бином", 2003

**Интернет-ресурсы:**

1. <http://www.openmp.org/>) - OpenMP Architecture Review Board
2. <http://www.gridforum.org> - Open Grid Forum

\*- Курсивом виділені джерела, що є в бібліотеці КНТЕУ