

# Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

## Факультет математики та інформатики

(назва інституту/факультету)

Кафедра математичного моделювання

(назва кафедри)

## СИЛАБУС

навчальної дисципліни

### Технології високопродуктивних обчислень

обов'язкова

Освітньо-професійна програма Інформаційні технології та управління проектами

(назва програми)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

(вказати: код, назва)

Галузь знань 12-Інформаційні технології

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(вказати: перший (бакалаврський)/другий (магістерський)/третій (освітньо-науковий))

факультет математики та інформатики

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання українська

(вказати: на яких мовах читається дисципліна)

Розробники: канд. ф.-м.н., доц. Горбатенко М.Ю.

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Профайл викладача (-ів) <http://matmod.fmi.org.ua/pro-kafedru/spivrobotnyky/gorbatenko-mykola-yuriyovych/>

Контактний тел.

+38(0372)584825

E-mail:

m.gorbatenko@chnu.edu.ua

Консультації

очні (згідно графіку консультацій),  
онлайн (за попередньою домовленістю).

### **1. Анотація дисципліни (призначення навчальної дисципліни).**

Знання, які студент повинен одержати в результаті вивчення курсу технології високопродуктивних обчислень, відіграватимуть важливу роль у побудові високонавантажених та оптимізованих додатків, які використовуються на підприємствах та в додатках для наукових обчислень.

**2. Мета навчальної дисципліни:** формування навичок проектування, розробки, вибору додатків, використання сучасних методів програмування та сучасних середовищ розробки.

**Завдання** – отримані знання, вміння та навички дадуть змогу стати досвідченим користувачем персональних комп'ютерів, знавцем сучасних інформаційних технологій, закладуть основи інформаційної культури, які будуть достатніми для самостійного освоєння нових програмних засобів і ефективного використання персональних комп'ютерів в майбутньому.

**3. Пререквізити.** Для підвищення ефективності засвоєння курсу здобувач вищої освіти має вивчати разом із дисципліною «Технології високопродуктивних обчислень» такі дисципліни: «Платформи корпоративних інформаційних систем», «Бази даних та знань».

### **4. Результати навчання.**

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** теоретичні положення про високопродуктивні обчислення, теоретичні положення про паралельні обчислення, теоретичні положення про оптимізацію обробки даних, теоретичні положення про взаємодію з користувачем, теоретичні положення про кластери, теоретичні положення про створення багатопоточних додатків.

**вміти:** створювати компоненти для організації паралельних обчислень та їх оркестрації, створювати та супроводжувати проекти, коректно обробляти нештатні ситуації, вміти користуватися основними можливостями інтегрованих середовищ розробки.

Студент повинен оволодіти програмним матеріалом, виконати лабораторні роботи, здати колоквиум, виконати практичні завдання, засвоїти теоретичний матеріал.

Під час вивчення дисципліни, відповідно до освітньо-професійної програми, формуються наступні

#### **загальні компетентності:**

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК9. Здатність працювати в команді.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

#### **фахові компетентності:**

ФК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

ФК10. Здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог замовника.

ФК12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

та отримуються наступні **програмні результати навчання:**

ПРН9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

ПРН10. 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.

ПРН12. Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining.

## 5. Опис навчальної дисципліни

### 5.1. Загальна інформація

Технології високопродуктивних обчислень												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість			Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			Кредитів	годин	Змістових модулів	лекції	семінари	Лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання		
Денна	4	8	4	120	2	30	-	-	30	60	-	Залік

### 5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма						Заочна форма						
	усього	у тому числі					усього	у тому числі					
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
<b>Теми лекційних занять</b>	<b>Змістовий модуль 1. Основи високопродуктивних обчислень</b>												
Тема 1. Вступ до високопродуктивних обчислень	6	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Основні компоненти високопродуктивних обчислень.	11	2	-	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Сучасні процесори та їх архітектури для обчислень.	8	2	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Основні методи оптимізації коду.	11	2	-	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Методи оптимізації доступу до даних.	12	3	-	4	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Топології та типи комп'ютерів для	8	3	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-

паралельних обчислень.												
Тема 7. Основи паралелізації.	12	2	-	4	-	6	-	-	-	-	-	-
Разом за ЗМ1	68	16	-	16	-	36	-	-	-	-	-	-
<b>Теми лекційних занять</b>	<b>Змістовий модуль 2. Інструменти високопродуктивних обчислень</b>											
Тема 1. Паралельне програмування зі спільною пам'яттю з OpenMP.	10	2	-	5	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Ефективне OpenMP програмування.	5	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Оптимізації на ccNuma архітектурі	5	2	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Паралельне програмування з розподіленою пам'яттю з MPI	9	2	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Ефективне програмування MPI	9	3	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Гібридне розпаралелювання з MPI та OpenMP	14	3	-	5	-	4	-	-	-	-	-	-
Разом за ЗМ 2	52	14	-	14	-	24	-	-	-	-	-	-
<b>Усього годин</b>	120	30	-	30	-	60	-	-	-	-	-	-

### 5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми
8 семестр	
<b>Змістовий модуль 1. Основи високопродуктивних обчислень</b>	
1	Оцінка безпечності розгалуження, реалізація даних з відкладеною (лінивою) ініціалізацією.
2	Швидке присвоєння, розгортання внутрішнього циклу, їх оптимізація.
3	Deadlocks. Методи вирішення.
4	Множення матриць великих розмірностей.
<b>Змістовий модуль 2. Інструменти високопродуктивних обчислень</b>	
1	Знаходження критичних регіонів, проблеми синхронізації.
2	Вибір оптимальної кількості потоків/працівників, оцінка взаємодії.
3	Гібридна паралелізація.

#### 5.4. Тематика індивідуальних завдань

№	Назва теми
1	Побудова мережеских ієрархій потовщеного дерева.
2	Перекриття синхронізації та обчислень, вплив синхронізації на обчислення.
3	Коректність обчислень, обчислення $\pi$ методом Монте-Карло.
4	Оптимізація роботи потоків/працівників, які містять маленькі порції обчислень.
5	Оптимізація коду для масштабування через потоки/працівників.
6	Декомпозиція домену для балансування навантаження.
7	Кешування даних для паралелізації.

#### 5.5. Самостійна робота

Самостійна робота студентів складається з обов'язкових і вибіркового завдань.

*Обов'язкова робота студентів:*

- опрацювання лекційного матеріалу;
- виконання самостійних і індивідуальних робіт;

*Вибіркова робота студентів:*

- опрацювання додаткового теоретичного матеріалу;
- виконання завдань підвищеного рівня складності.

№	Назва теми
<b>Змістовий модуль 1. Основи високопродуктивних обчислень</b>	
1	Визначити ефективну архітектуру паралельної обробки даних для поставленої задачі.
2	Розробка алгоритму під пакет OpenMPI для поставленої задачі.
3	Побудувати програму за допомогою колективних команд gather, scatter, bcast для поставленої задачі.
4	Реалізація паралельних програм з використанням колективних команд: allGather, allToAll, reduce, allReduce, reduceScatter, scan для поставленої задачі.
<b>Змістовий модуль 2. Інструменти високопродуктивних обчислень</b>	
1	Документування результатів досліджень щодо ефективності високопродуктивних програм.
2	За допомогою пакету Math Partner реалізувати паралельні програми для поставленої задачі.
3	Побудувати та реалізувати паралельний алгоритм в кластері за допомогою Math Partner.

\* ІНДЗ – для змістового модуля, або в цілому для навчальної дисципліни за рішенням кафедри (викладача).

#### 6. Система контролю та оцінювання

##### Види та форми контролю

Форми поточного контролю: письмові (тестування, лабораторні роботи, реферат, самостійні роботи, модульні контрольні роботи) та усні: відповідь студента та ін.

Формами підсумкового контролю є залік (8 семестр).

##### Засоби оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є:

- самостійні роботи;
- лабораторні роботи;
- модульні контрольні роботи;
- тести;
- індивідуальні та командні проекти.

### **Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни**

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного, модульного та підсумкового контролю знань. Об'єктом оцінювання знань студентів є програмний матеріал дисципліни, засвоєння якого перевіряється під час даних контролів.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять, перевірки самостійної роботи студентів та під час написання модульних контрольних робіт. Завданням поточного контролю є перевірка розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок для вирішення поставлених завдань, уміння самостійно опрацювати теоретичний матеріал, висловлювати власні думки та їх обґрунтовувати, проводити презентацію опрацьованого матеріалу (письмово чи усно). Завданням підсумкового контролю (заліку) є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, здатності логічно та послідовно розв'язувати практичні задачі, комплексно використовувати отримані знання.

Оцінювання знань студентів здійснюється за 100-бальною шкалою. Результати роботи студентів, впродовж навчального семестру, оцінюються в ході поточного контролю в діапазоні від 1 до 70 балів, а результати підсумкового контролю (заліку) оцінюються від 1 до 30 балів.

### **Критерії оцінювання залікових білетів з курсу платформи корпоративних інформаційних систем.**

Залікова робота містить два теоретичні та одне практичне завдання, які охоплюють весь матеріал дисципліни. Залікова робота оцінюється в 30 балів. Кожне завдання оцінюється в 10 балів.

Нижче наведена шкала оцінювання. Кожне з теоретичних чи практичних питань оцінюється так:

- 1) робота виконана повністю без помилок або з незначними помилками 9-10 балів;
- 2) робота виконана повністю з помилками, які не впливають на кінцевий результат 7-8 балів;
- 3) робота виконана повністю з суттєвими помилками, але витримано алгоритм викладання матеріалу 5-6 балів;
- 4) робота виконана не повністю з суттєвими помилками, але витримано загальний алгоритм викладання матеріалу 3-4 бали;
- 5) робота виконана не повністю з суттєвими помилками 2 бали;
- 6) робота не виконана або виконана не повністю з суттєвими помилками 1-0 балів;

Підсумкова оцінка за залікову роботу відповідає загальній сумі балів, отриманих під час поточного контролю (максимально 70 балів) та під час заліку (максимально 30 балів).

#### **Шкала оцінювання: національна та ЄКТС**

<b>Оцінка за національною шкалою</b>	<b>Оцінка за шкалою ECTS</b>	
	<b>Оцінка (бали)</b>	<b>Пояснення за розширеною шкалою</b>
<b>Відмінно</b>	A (90-100)	відмінно
<b>Добре</b>	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
<b>Задовільно</b>	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
<b>Незадовільно</b>	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом

## Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль												Підсумковий контроль (екзамен)	Сумарна к-ть балів	
Змістовий модуль 1 (40 балів)						Змістовий модуль 2 (30 балів)								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T1	T2	T3	T4	T5	T6	30	100
5	5	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5		

Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни враховує результати поточного та підсумкового контролю.

## 7. Рекомендована література

### 7.1. Базова (основна)

1. Robey Robert Parallel and High Performance Computing // Robert Robey, Yuliana Zamora, Manning, 2021.- 704 pp.
2. Kurgalin S., Borzunov S. A Practical Approach to High-Performance Computing// Springer, 2019. - 206 pp.
3. Adamatzky A., Akl S., Sirakoulis G. From Parallel to Emergent Computing // CRC Press, 2019. - 628 pp.
4. Lorenzon A., Filho A. Parallel Computing Hits the Power Wall: Principles, Challenges, and a Survey of Solutions // SpringerBriefs in Computer Science, 2019 - 88 pp.
5. Eijkhout Victor Introduction to High Performance Scientific Computing Second Edition //Victor Eijkhout, lulu, 2015.- 534 pp.

### 7.2. Допоміжна

1. Levesque John / High Performance Computing: Programming and Applications (Chapman & Hall/CRC Computational Science) 1st Edition // John Levesque, Gene Wagenbreth.- 244 pp.
2. Numrich Robert / Parallel Programming with Co-arrays // Robert W. Numrich, Chapman and Hall/CRC, 2018.- 220 pp.
3. Vetter Jeffrey/ Contemporary High Performance Computing From Petascale toward Exascale // Jeffrey S. Vetter, B/W Illustrations, 2019.- 478 pp.

## 8. Інформаційні ресурси

1. <https://www.hpcadvisorycouncil.com/>
2. <https://azure.microsoft.com/en-us/solutions/high-performance-computing/>
3. <https://aws.amazon.com/hpc/>
4. <https://www.hpcwire.com/>
5. <https://www.hpe.com/us/en/compute/hpc.html>

## 9. Політика освітнього процесу

Студенти зобов'язані своєчасно та якісно виконувати всі отримані завдання і акуратно їх оформлювати у вигляді звіту з наданням програмного коду у випадку чисельних розрахунків. За необхідністю з метою з'ясування всіх незрозумілих під час самостійної та індивідуальної роботи питань, відвідувати консультації викладача. Кожний студент зобов'язаний дотримуватися принципів академічної доброчесності. Виконаний студентом не свій варіант завдання не оцінюється. Складання (перескладання) екзамену проводиться за встановленим деканатом розкладом.