Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет математики та інформатики
(назва факультету/навчально-наукового інституту)

Кафедра математичного моделювання
(назва кафедри, що забезпечує викладання)

"ЗАТВЕРДЖУЮ"
Декан факультету
математики та інформатики

_____ Ольга МАРТИНЮК

"28" серпня 2026 року

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
Технології високопродуктивних обчислень
(назва навчальної дисципліни)

обов'язкова
(вказати: 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/ навчально-наукового інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньою програмою)

Мова навчання українська
(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Чернівці 2026 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «*Технології високопродуктивних обчислень*» складена відповідно до освітньо-професійної програми «Інформаційні технології та управління проектами»

Розробник:
Горбатенко Микола Юрійович, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Викладач, що забезпечує читання даної навчальної дисципліни:
Горбатенко Микола Юрійович, доцент кафедри математичного моделювання, кандидат фіз.-мат. наук, доцент

Погоджено з гарантом ОП _____ **Ігор ЮРЧЕНКО**

Затверджено на засіданні кафедри математичного моделювання
Протокол № 1 від «27» серпня 2026 року

Завідувач кафедри _____ **Ігор ЧЕРЕВКО**

Схвалено методичною радою факультету математики та інформатики
Протокол № 1 від «28» серпня 2026 року

Голова методичної ради _____ **Тоня ФРАТАВЧАН**

Мета навчальної дисципліни: формування навичок проектування, розробки високопродуктивних додатків, використання сучасних методів програмування та сучасних середовищ розробки. Переваги навчальної дисципліни:

- вивчення сучасних підходів до розробки високопродуктивних додатків;
- розгляд розробки додатків з використанням високопродуктивних та паралельних обчислень;
- застосування ефективних практик для написання швидких, стабільних та безпечних додатків;
- коректні підходи при роботі в стандартних та нештатних ситуаціях;
- ефективні принципи організації взаємодії в середині додатку та коректна синхронізація між модулями.

Результати навчання: у результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: теоретичні положення високопродуктивні додатки, теоретичні положення про паралельні обчислення, теоретичні положення про клієнтську обробку, теоретичні положення про взаємодію з користувачем, теоретичні положення про обробку виключних ситуацій, теоретичні положення про створення багатопоточних додатків.

вміти: створювати високопродуктивні додатки, реалізовувати паралельні обчислення, створювати та супроводжувати проекти, коректно обробляти нештатні ситуації, вміти користуватися основними можливостями IDE.

Студент повинен оволодіти програмним матеріалом, виконати лабораторні роботи, засвоїти теоретичний матеріал.

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

загальні компетентності:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

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

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК10. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

фахові компетентності:

ФК8. Здатність проєктувати 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.

ФК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

та отримуються наступні **програмні результати навчання**:

ПРН17. 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.

Опис навчальної дисципліни
Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	8	3	90	22	-	-	22	46	-	Залік

Структура змісту навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем навчальних занять	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лекц.	прак./ семін.	лаб.	інд.	с.р.		лекц.	прак./ сем.	лаб.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Теми навчальних занять	**Змістовий модуль 1. Паралельні обчислення**											
Тема 1. Вступ. Огляд паралелізації. Поняття задачі та методи роботи з задачами.	13	4	-	4	-	5	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Потокозахищені колекції та синхронізація.	15	4	-	4	-	7	-	-	-	-	-	-
Тема 3. Паралельні алгоритми. PLINQ.	16	4	-	4	-	8	-	-	-	-	-	-
Разом за ЗМ1	44	12	-	12	-	20	-	-	-	-	-	-
Теми навчальних занять	**Змістовий модуль 2. Високопродуктивні обчислення**											
Тема 4. Паралельне апаратне та програмне забезпечення.	17	4	-	4	-	9	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Використання GPU, гібридні системи, продуктивність.	17	4	-	4	-	9	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Огляд OpenMP та MPI.	12	2	-	2	-	8	-	-	-	-	-	-
Разом за ЗМ 2	46	10	-	10	-	26	-	-	-	-	-	-
Усього годин	90	22	-	22	-	46	-	-	-	-	-	-

Тематика лекційних занять з переліком питань

1	Вступ. Огляд паралелізації. Поняття задачі та методи роботи з задачами. Створення та запуск задачі, взаємодія задач, обробка помилок в багатопочних додатках. Приклади.
2	Потокозахищені колекції та синхронізація. Робота з колекціями, отримання актуальних даних, методи синхронізації, робота з критичними секціями. Приклади.
3	Паралельні алгоритми. PLINQ. Використання Parallel для розробки багатопоточних додатків та PLINQ для збільшення продуктивності.
4	Класифікації паралельних комп'ютерів, SIMD, MIMD, передача даних, узгодженість кешу, спільна та розподілена пам'яті.
5	Використання GPU. Можливості інтеграції. Аналіз існуючих інструментів для роботи з GPU. Приклади використання ILGPU.
6	Функціонал MPI та OpenMP.

Тематика лабораторних занять

№	Назва теми
Змістовий модуль 1. Паралельні обчислення	
1	Робота з задачами та потоками.
2	Робота з процесами та їх синхронізація.
3	Робота з TPL, PLINQ.
Змістовий модуль 2. Високопродуктивні обчислення	
4	Використання каналів.
5	Використання ILGPU. Альтернативи роботи з GPU.
6	Розробка MPI або OpenMP додатку.

Індивідуальні науково-дослідні завдання (ІНДЗ)

Студент може індивідуально виконувати додаткові завдання навчально-дослідницької спрямованості за завданнями, наданими викладачем.

Студенти можуть отримати до 10 балів в рахунок ІНДЗ, якщо самостійно зареєструються на безкоштовних релевантних курсах платформи Coursera (або подібних), пройдуть навчання, отримають відповідний сертифікат і надішлють його на сайт дистанційного навчання викладачу разом з детальним звітом з практичних завдань пройденого курсу (постановки задач, коди виконаних програм, пояснення коду) та скріншотом успішності на курсі. Кількість балів буде виставлена пропорційно до навчальних результатів студента згідно зі статистикою платформи.

* ІНДЗ – для змістового модуля, або в цілому для навчальної дисципліни визначається викладачем, з урахуванням специфіки дисципліни.

Завдання для самостійної роботи студентів

Самостійна робота складається з повторення матеріалу, засвоєного на лекціях, самостійного опанування частини теоретичного матеріалу, роботи з контрольними запитаннями та завданнями.

Студенти можуть отримувати 1 бал в рахунок виконання завдань СРС під час кожного лекційного заняття за правильні відповіді на запитання лектора, активне обговорення багатоваріантних підходів до рішення представленої лектором проблеми (для активізації пошукової та дослідної діяльності студентів).

№	Назва теми	Завдання для самостійної роботи	К-сть год.
1	Теми 1-6	підготовка до лекційних занять	16
2	Теми 1-6	підготовка до лабораторних занять	20
3	Теми 1-6	підготовка до підсумкового модуль-контролю	10

Методи навчання

Методи навчання та викладання: лекції, лабораторні заняття, електронне навчання з використанням системи Google Classroom, тестування, виконання завдань ІНДЗ.

Система контролю та оцінювання

Критерієм підсумкового оцінювання є досягнення студентом мінімальних порогових рівнів оцінок (балів) за кожним передбаченим результатом навчання.

Система оцінювання рівня навчальних досягнень ґрунтується на принципах ECTS та є накопичувальною. Протягом семестру студенти виконують 6 лабораторних робіт. Лабораторні роботи зі змістовного модуля 1 оцінюються в 15 балів. Лабораторні роботи зі змістовного модуля 2 оцінюються в 10 балів.

Виконуючи завдання лабораторної роботи, студент повинен оформити і завантажити для подальшої перевірки на сайт електронного навчання звіт разом із працездатними файлами програмної реалізації завдання.

50% балів, відведених на оцінювання ЛР, студент отримує за працюючий програмний продукт, в якому реалізовано всі завдання ЛР та оформлений звіт. Решта 50% балів виставляється після захисту студентом виконаного звіту. На захисті звіту з лабораторної роботи студент має відповісти на питання щодо постановки задачі та розробленої реалізації. При відповіді на теоретичні питання та питання щодо програмної реалізації у випадку неістотної помилки знімається 10-20% балів, а у випадку істотної 20-40% балів, якщо ж студент не опанував теоретичний матеріал, плутається в означеннях, наводить невірні твердження, то знімається до 50% балів від усієї суми балів за лабораторну роботу.

Максимальна кількість, яку можна набрати на підсумковому модулі (тестування) – 25 балів.

Підсумкова оцінка виставляється за результатами суми балів, набраних на змістових модулях під час семестру та підсумковому модулі згідно з нижченаведеною таблицею.

Методи формування професійної компетентності: розповідь, пояснення, бесіда, демонстрація, візуалізація, дискусія тощо. Методи формування практичних умінь та навичок: розв'язування задач лабораторних робіт, виконання завдань, розробка та аналіз алгоритмів і програмного коду, захист звітів з лабораторних робіт.

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є: стандартизовані тести; аналітичні звіти з лабораторних робіт; презентації результатів виконаних завдань та досліджень ІНДЗ, усний контроль у вигляді індивідуального та фронтального опитування на лекціях та лабораторних заняттях.

Формами поточного контролю є усна чи письмова (тестування, лабораторна робота, ІНДЗ) відповідь студента.

Формою **підсумкового контролю** є **залік**.

Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)						Кількість балів (залік)	Сумарна к-ть балів
Змістовий модуль 1 (45 балів)			Змістовий модуль 2 (30 балів)			**25**	**100**
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6		
15	**15**	**15**	**10**	**10**	**10**		

Т1, Т2 ... Т6 – теми змістових модулів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка за національною шкалою	**Оцінка за шкалою ЄКТС**	
	Оцінка (бали)	**Пояснення за розширеною шкалою**
Відмінно	A (90-100)	відмінно
Добре	B (80-89)	дуже добре
	C (70-79)	добре
Задовільно	D (60-69)	задовільно
	E (50-59)	достатньо
Незадовільно	FX (35-49)	(незадовільно) з можливістю повторного складання
	F (1-34)	(незадовільно) з обов'язковим самостійним опрацюванням освітнього компоненту до перескладання

На оцінку "відмінно" заслуговує студент, який виявив всебічні, систематичні та глибокі знання, здатність самостійно виконувати завдання, передбачені програмою, ознайомлений з основною і додатковою літературою, рекомендованою програмою. Така оцінка передбачає також засвоєння студентом взаємозв'язку основних понять дисципліни та їх значення для набутої професії.

Оцінку "добре" ставлять студентові, який засвоїв навчально-програмовий матеріал у повному обсязі, успішно виконує передбачені програмою завдання, опрацював основну літературу, рекомендовану програмою, тобто студентові, який засвідчив систематичний характер знань із дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення й оновлення у процесі подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. На оцінку "задовільно" заслуговує студент, який виявив знання основного навчального матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання і майбутньої роботи за професією, здатний виконувати завдання, передбачені програмою, ознайомлений з основною літературою, рекомендованою програмою. Як правило, цю оцінку виставляють студентам, які припустилися огріхів у відповіді на іспиті та при виконанні екзаменаційних завдань, але продемонстрували спроможність усунути їх.

Оцінку "незадовільно" ставлять студентові, у знаннях якого є прогалини, який припустився принципових помилок у виконанні передбачених програмою завдань, тобто студентові, який неспроможний продовжити навчання чи приступити до професійної діяльності після закінчення вищого навчального закладу без додаткових занять з відповідної дисципліни.

Перелік питань для самоконтролю та підсумкового контролю навчальних досягнень студентів

1. Поняття задачі та потоку, створення, запуск та обробка результатів. Обробка виключних ситуацій. Приклади.
2. Робота з потокозахищеними колекціями. Методи синхронізації, критичні секції. Приклади.
3. Використання TPL та PLINQ для розробки додатків.
4. Визначення SIMD, MIMD, взаємодія, узгодженість кешу, спільна та розподілена пам’яті.
5. Роль GPU у розробці високопродуктивних додатків, типові підходи, оптимізація, закон Амдаля, масштабованість, узгодженість.
6. Основні підходи до розробки MPI та OpenMP додатків.

Зарахування результатів неформальної освіти

Зарахування результатів неформальної освіти проводиться у відповідності до "Порядку визнання у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича результатів навчання, здобутих шляхом

неформальної та/або інформальної освіти" (затверджено Вченою радою ЧНУ протокол № 16 від 25 листопада 2024 р.)
https://www.chnu.edu.ua/media/4g5fzssb/poriadok-vyznannia-rezultativ-navchannia-zdobutykh-shliakhom-neformalnoi-ta-abo-informalnoi-osvity.pdf.

Рекомендована література

Основна

1. High Performance Computing: Modern Systems and Practices // Thomas Sterling, Maciej Brodowicz, Matthew Anderson, 2024 Morgan Kaufmann.- 480pp.
2. Ultimate C# for High-Performance Applications: Master Multithreading, Parallelism, and Async Techniques to Engineer High-Performance, Enterprise-Grade Software with C# 13 and .NET 9 (English Edition) // Jeff McNamara, 2025 Orange Education Pvt Ltd.- 377pp.
3. High-Performance Computing with Julia: Optimizing Algorithms and Applications // Caleb Hudson, 2024 O'Reilly Media.- 212 pp.
4. High-Performance Computing with C#12 and .NET 8: Learning how to tackle specific HPC challenges in scientific computing, numerical analysis, machine learning, and beyond. // Katie Millie, 2024 Kindle Edition.- 334 pp.
5. High-Performance Computing Architectures // Koffka Khan, Kindle Edition.- 602 pp.

Допоміжна

1. High Performance Parallel Computing // Satyadhyan Chickerur, 2019 Intechopen.- 190pp.
2. Introduction to High Performance Scientific Computing First Edition // David L. Chopp, 2019 SIAM - Society for Industrial and Applied Mathematics.- 453pp.
3. Applied Machine Learning and High-Performance Computing on AWS: Accelerate the development of machine learning applications following architectural best practices 1st Edition // Mani Khanuja, Farooq Sabir, Shreyas Subramanian, Trenton Potgieter, 2022 Packt Publishing, 382 pp.
4. High Performance Computing and Grids in Action // Lucio Grandinetti, 2008 IOS Press, 552pp.
5. High Performance Heterogeneous Computing 1st edition // Jack Dongarra, Alexey L. Lastovetsky, 2009 Wiley-Interscience, 280pp.

Інформаційні ресурси

1. https://ilgpu.net/
2. https://www.nvidia.com/en-us/high-performance-computing/
3. https://learn.microsoft.com/
4. https://code.visualstudio.com/
5. https://dotnet.microsoft.com/
6. https://mpitutorial.com/
7. https://www.openmp.org/
8. https://docs.nvidia.com/cuda/cuda-programming-guide/index.html

Політика академічної доброчесності

Дотримання політики щодо академічної доброчесності учасниками освітнього процесу при вивченні освітнього компонента регламентовано чинними документами ЧНУ:

- "Кодекс академічної доброчесності та етики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/kodeks-akademichnoi-dobrochesnosti-ta-etyky-chernivetskoho-natsionalnoho-universytetu-imeni-yuriia-fedkovycha/
- "Положення про виявлення та запобігання академічного плагіату у Чернівецькому національному університеті імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polozhennia-pro-vyiavlennia-ta-zapobihannia-akademichnomu-plahiatu-u-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha/
- "Політика використання штучного інтелекту в Чернівецькому національному університету імені Юрія Федьковича" https://www.chnu.edu.ua/universytet/normatyvni-dokumenty/polityka-vykorystannia-shtuchnoho-intelektu-v-chernivetskomu-natsionalnomu-universyteti-imeni-yuriia-fedkovycha-zi-zminamy-zatverdzhenymy-vchenoiu-radoiu-chnu-imeni-yuriia-fedkovycha/

Використання здобувачами освіти інструментів штучного інтелекту (ШІ) під час виконання навчальних завдань:

- *допускається* за умови дотримання принципів академічної доброчесності (здобувач освіти несе відповідальність за зміст, достовірність і результати поданої роботи, а у разі використання ШІ зобов'язаний зазначити факт і спосіб його застосування);
- *не допускається* використання ШІ як заміни самостійного виконання завдань або з метою порушення вимог академічної доброчесності.