



Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



Кафедра обчислювальної
техніки

Технології графічного процесінгу

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>F Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>F2 Інженерія програмного забезпечення F6 Інформаційні системи та технології F7 Комп'ютерна інженерія</i>
Освітня програма	<i>Інженерія програмного забезпечення комп'ютерних систем Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем Інженерія квантового програмного забезпечення Інтегровані інформаційні системи Інформаційні управляючі системи та технології Інформаційне забезпечення робототехнічних систем Інформаційні системи та технології Комп'ютерні системи та мережі</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів/150 год. денна форма: лекцій 32 годин, лабораторних занять 14 год., СРС 104 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: ст. викладач Кочура Юрій Петрович, iuriy.kochura@gmail.com Лабораторні роботи: ст. викладач Кочура Юрій Петрович, iuriy.kochura@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/ODM2MzgwMDkzMjIz?cjc=igcebs7a</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна присвячена вивченню принципів графічного процесінгу та високопродуктивних паралельних обчислень з використанням графічних процесорів (GPU). У курсі розглядаються архітектура сучасних GPU, модель паралельних обчислень CUDA, організація пам'яті, потоки та блоки виконання, а також оптимізація продуктивності програм.

Предмет навчальної дисципліни – моделі та алгоритми паралельних обчислень на графічних процесорах із використанням CUDA.

Навчальна мета

- Сформувати розуміння архітектурних відмінностей між латентно-орієнтованими обчислювальними пристроями (ядра CPU) та пропускними пристроями (ядра GPU);
- Набувати практичного досвіду поєднання CPU та GPU в гібридних обчислювальних системах для досягнення максимальної продуктивності.

Вивчення дисципліни формує наступні **компетентності**:

- Здатність аналізувати та моделювати обчислювальні процеси з високим рівнем паралелізму з урахуванням архітектурних особливостей CPU та GPU.
- Здатність застосовувати технології графічного процесінгу та паралельних обчислень на GPU для розв'язання обчислювально складних прикладних задач.

Програмні результати навчання, на формування яких спрямована дисципліна:

1. Уміти застосовувати паралельні алгоритми на GPU, враховуючи характеристики задачі та архітектуру обчислювальної системи.
2. Уміти оцінювати та оптимізувати продуктивність GPU-обчислень, аналізувати результати експериментів і робити обґрунтовані висновки щодо ефективності використання CPU–GPU.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити

Для опанування дисципліни необхідні знання з лінійної алгебри та вищої математики, уміння програмувати на C/C++ або Python, а також розуміння основ архітектури комп'ютерних систем і принципів паралельних обчислень.

Постреквізити

Розглянута теорія та отриманий практичний досвід в рамках даної навчальної дисципліни буде корисним для розв'язання прикладних задач у комп'ютерній графіці, обробці зображень і відео, комп'ютерному зорі, машинному навчанні, чисельному моделюванні, робототехніці та високопродуктивних обчисленнях.

Знання, одержані студентами під час вивчення дисципліни можуть бути використані у дисциплінах «Науково-дослідна практика», «Виконання магістерської дисертації», «Машинне навчання», «Нейронні мережі», «Навчання нейронних мереж з підкріпленням».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи гетерогенного та паралельного програмування

Тема 1.1. Вступ до гетерогенного паралельного програмування

Тема 1.2. Вступ до CUDA C

Тема 1.3. Модель паралелізму CUDA

Тема 1.4. Модель пам'яті та локальності

Розділ 2. Оптимізація продуктивності GPU

Тема 2.1. Ефективність виконання потоку

Тема 2.2. Продуктивність доступу до пам'яті

Тема 2.3. Шаблони паралельних обчислень

Розділ 3. GPU в архітектурі комп'ютерних систем

Тема 3.1. GPU як частина архітектури ПК

Тема 3.2. Ефективна передача даних хост-пристрій

Тема 3.3. Модель програмування MPI

Розділ 4. Паралельне програмування на Python

Тема 4.1. CUDA Python з використанням Numba

Тема 4.2. Запуск ядра на кількох графічних процесорах

Тема 4.3. Прискорення додатків за допомогою конкурентних потоків

4. Навчальні ресурси та матеріали

4.1. Базова література

1. Кочура, Ю. П., Гордієнко, Ю. Г., Стіренко, С. Г. Гетерогенні паралельні обчислення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр за спец. 123 «Комп'ютерна інженерія» та 121 «Інженерія програмного забезпечення» / Ю. П. Кочура, Ю. Г. Гордієнко, Стіренко, С. Г.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл: 4,58 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського.

4.2. Додаткова література

2. David Kirk and Wen-mei W. Hwu (2017). [Programming massively parallel processors: a hands-on approach, 3rd Edition](#).

3. Robert (Bob) Robey and Yuliana (Yulie) Zamora (2021). [Parallel and High Performance Computing](#).

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компоненту)

5.1 Лекційні заняття

№ розділу	Назва лекції та перелік основних питань	Кількість ауд. годин
1	Розділ 1. Основи гетерогенного та паралельного програмування Тема 1.1. Вступ до гетерогенного паралельного програмування Тема 1.2. Вступ до CUDA C Тема 1.3. Модель паралелізму CUDA Тема 1.4. Модель пам'яті та локальність	8
2	Розділ 2. Оптимізація продуктивності GPU Тема 2.1. Ефективність виконання потоку Тема 2.2. Продуктивність доступу до пам'яті Тема 2.3. Шаблони паралельних обчислень	8
3	Розділ 3. GPU в архітектурі комп'ютерних систем Тема 3.1. GPU як частина архітектури ПК Тема 3.2. Ефективна передача даних хост-пристрій Тема 3.3. Модель програмування MPI	8

4	Розділ 4. Паралельне програмування на Python Тема 4.1. CUDA Python з використанням Numba Тема 4.2. Запуск ядра на кількох графічних процесорах Тема 4.3. Прискорення додатків за допомогою конкурентних потоків. МКР	8
	Разом:	32

5.2 Лабораторні заняття

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Основи прискорених обчислень з CUDA C/C++	4
2	Основи прискорених обчислень з CUDA Python	4
3	Масштабування робочих навантажень на кількох графічних процесорах	4
4	Прискорення додатків за допомогою конкурентних потоків	2
	Разом:	14

5.3 Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота виконується за усіма темами, що розглядаються в дисципліні.

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти денної форми навчання

До СРС відносяться такі види робіт:

- вивчення теоретичного матеріалу лекційних занять;
- виконання завдань лабораторних робіт та оформлення протоколів;
- підготовка до модульної контрольної роботи та семестрового контролю.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Академічна доброчесність

Під час проходження цього курсу студенти зобов'язані дотримуватись політики та принципів академічної доброчесності визначених Кодексом честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (Детальніше Розділ 3: <https://kpi.ua/code>) та усі наступні правила:

1. Кожен із здобувачів повинен відправляти на перевірку власно виконану роботу. Використання чужих розв'язків або програмного коду і представлення їх за свої напрацювання є плагіатом та серйозним порушенням основних академічних стандартів.

2. Здобувачі не повинні ділитися своїми розв'язками з іншими студентами, а також просити інших ділитися своїми розв'язками з Вами.

3. Якщо студенти отримували допомогу у вирішенні певного завдання — потрібно зазначити це у звіті, а саме: від кого та яку допомогу отримували.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників університету визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Виконання лабораторних робіт

Викладачем встановлюється граничний термін для виконання кожного практичного завдання з метою послідовного та збалансованого засвоєння студентами навчального матеріалу, визначеного даним силабусом. Здача на перевірку практичних завдань після встановлених термінів супроводжується штрафними балами. Кінцевим терміном для здачі на перевірку усіх практичних завдань є останнє заняття з комп'ютерного практикуму. У період проведення в університеті семестрового контролю приймання практичних завдань не здійснюється. Студент(-ка) має можливість переробити або доопрацювати практичне завдання на перездачі з метою підвищення свого поточного рейтингу.

Процедура оскарження оцінок

Якщо студент(-ка) вважає, що його(її) роботу недооцінено або переоцінено — потрібно звернутися до викладача, який здійснював оцінювання та повідомити про це із зазначенням короткого обґрунтування (оцінка буде переглянута).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

8.1 Поточний контроль

Поточний контроль успішності засвоєння знань виконується шляхом перевірки завдань лабораторних робіт та МКР. Таким чином, семестровий рейтинг студентів з дисципліни складається з балів, що вони отримують за:

- виконання та захист завдань лабораторних робіт;
- модульну контрольну роботу.

8.2 Календарний контроль

Календарний контроль провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Умови позитивного календарного контролю:

- за результатами навчальної роботи на першому календарному контролі (7-й тиждень семестру) студент отримує статус «атестований», якщо його поточний рейтинг становить не менше ніж 50% від максимально можливої кількості балів, які можна було набрати протягом перших 6 тижнів;
- за результатами навчальної роботи на другому календарному контролі (13-й тиждень семестру) студент отримує статус «атестований», якщо його поточний рейтинг становить не менше ніж 50% від максимально можливої кількості балів, які можна було набрати протягом перших 12 тижнів.

8.3 Семестровий контроль

Семестровий контроль проводиться для встановлення рівня досягнення здобувачами програмних результатів навчання з навчальної дисципліни (освітнього компонента) за семестр. Семестровий контроль проводиться відповідно до навчального плану у вигляді екзамену в терміни, встановлені графіком навчального процесу.

Здобувач допускається до семестрового контролю, якщо:

- виконав і захистив усі передбачені силабусом лабораторні роботи;
- набрав не менше ніж **60%** від максимальної кількості балів поточного контролю:

Важливо! Умова допуску до семестрового контролю (екзамену):

$$\text{Лабораторні роботи} + \text{МКР} \geq 36 \text{ балів}$$

8.4 Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система оцінювання

40 балів	Лабораторні роботи (10 балів кожна)
20 балів	МКР
40 балів	Екзамен

Завдання лабораторних робіт

Ваговий бал кожної лабораторної роботи – 10 балів. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює: $4 \times 10 = 40$ балів.

Складові оцінки та відповідний максимальний бал:

- програмна реалізація алгоритмів – 2 бали;
- експериментальне дослідження/порівняння алгоритмів – 2 бали;
- звіт (відповідність структурі, презентація результатів роботи, якість та обґрунтування рішень, висновки) – 2 бали;
- захист результатів комп'ютерного практикуму (теоретичні знання за темою лабораторної роботи; обґрунтування прийнятих рішень; правильні відповіді на питання) – 4 бали.

Бал може бути знижений у разі неповного виконання завдань, недостатньої якості звіту, помилок у програмному коді чи логіці реалізації, неправильної інтерпретації отриманих результатів, порушення принципів академічної доброчесності або строку здачі завдань.

Модульна контрольна робота (МКР)

Модульна контрольна робота проводиться у вигляді тесту з 10 питань. Ваговий бал кожного питання становить 2 бали. Правильна відповідь – 2 бали; неправильна – 0 балів. Максимальна кількість балів за МКР – 20 балів.

Екзамен

Максимальна кількість балів, які можна отримати за результатами екзамену – 40 балів.

Складові оцінки та відповідний максимальний бал за екзамен:

- теоретичні питання (розуміння ключових понять, методів і принципів, здатність пояснити теоретичні положення власними словами, правильність використання термінології) – 15 балів;
- здатність застосувати теоретичні знання до практичних завдань (коректність побудови алгоритмів для розв'язку задач, правильність обчислень, обґрунтованість отриманих результатів) – 20 балів;
- додаткові уточнювальні запитання (розуміння отриманих результатів, уміння аргументувати обраний підхід, здатність аналізувати помилки та пояснювати альтернативні рішення) – 5 балів.

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$4 \times 10 + 20 + 40 = 100.$$

Сума балів, які отримують студенти за роботу протягом семестру, обчислюється за формулою:

$$R_D = \sum_{i=1}^4 r_{LPi} + r_{МКР} + r_{ЕК},$$

де r_{LPi} – бали, отримані за i -ту лабораторну роботу (0...10);

$r_{МКР}$ – бали, отримані за МКР (0...20).

$r_{ЕК}$ – бали за екзамен (0...40).

Переведення рейтингових балів до оцінок за університетською шкалою (<https://kpi.ua/grading>):

95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
менше 60	Незадовільно
менше 36	Не допущений
Порушення принципів академічної доброчесності або морально-етичних норм поведінки	Усунений

9. Нормативні положення політики навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять. Відвідування занять є вільним, бали за присутність на лекціях та практичних заняттях не нараховуються, відповідно штрафні бали у разі відсутності на занятті не передбачаються.

Дистанційний режим навчання. У разі запровадження обмежень на відвідування університету, пов'язаних з введенням карантину або режиму воєнного стану в державі, освітній процес здійснюється у дистанційному режимі відповідно до Положення про дистанційне навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/188>), Регламенту організації освітнього процесу в дистанційному режимі (<https://proffkom.kpi.ua/reglament-organizatsiyi-osvitnogo-protsesu-v-distantsiynomu-rezhimi>) та Регламенту проведення семестрового контролю в дистанційному режимі (<https://osvita.kpi.ua/node/148>). У режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції на платформах BigBlueButton, Google Meet, Zoom. Посилання на конференцію видається на початку семестру і розміщується в АС «Електронний кампус». З метою забезпечення якісної підготовки здобувачів, дистанційний курс дисципліни розміщено на Платформа дистанційного навчання «Сікорський» (<https://www.sikorsky-distance.org>). Результати оцінювання висвітлюють у АС «Електронний кампус» на особистій сторінці здобувача (<https://ecampus.kpi.ua>).

Правила поведінки на заняттях. На заняттях слід дотримуватись норм етичної поведінки визначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>). На території університету здобувачі мають поводити себе відповідно до Правил внутрішнього розпорядку (<https://kpi.ua/admin-rule>).

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті. Положення про визнання результатів навчання, набутих у неформальній / інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179>) регламентує визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті:

- у разі навчання на неформальній освіті, яку студент обрав самостійно і хоче зарахувати результати навчання в рамках дисципліни, проходиться процедура валідації, що передбачає подання здобувачем заяви на ім'я декана, декларації підтверджувальних документів. Рішення про визнання чи не визнання приймається комісією у складі завідувача кафедри, викладача, гаранта освітньо-професійної програми.

Політика використання штучного інтелекту. Використання штучного інтелекту регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі завдання, як під час виконання навчальних завдань з дисципліни, так і індивідуальні завдання, мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача. Використання ШІ для автоматичної генерації відповідей без подальшого їх аналізу та доопрацювання заборонено.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус)

Складено, ст. викладач кафедри ОТ Кочура Ю. П.,

Ухвалено кафедрою обчислювальної техніки (протокол № 12 від 23.06.2025р.).

Погоджено методичною комісією ФІОТ (протокол № 11 від 27.06.2025 р.).