НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

Навчально-науковий інститут автоматики, кібернетики та обчислювальної техніки

04-04-23S

СИЛАБУС *навчальної дисципліни*		**SYLLABUS**
Паралельні та розподілені обчислення		Parallel and Distributed Calculations
Шифр за ОП	**ВБ 5.1**	Code in Degree Programme
Освітній рівень: Бакалаврський (перший)		Level of Education: Bachelor's (first)
Галузь знань **Інформаційні технології**	**12**	Field of Knowledge **Information Technology**
Спеціальність **Комп'ютерна інженерія**	**123**	Field of Study **Computer Engineering**
Освітня програма: **Комп'ютерна інженерія**		Degree Programme: **Computer Engineering**

РІВНЕ – 2023

Силабус навчальної дисципліни *Паралельні та розподілені обчислення* для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр», які навчаються за освітньо-професійною програмою *«Комп'ютерна інженерія», спеціальності «Комп'ютерна інженерія», 123*. Рівне. НУВГП. 2023. 13 стор.

ОП на сайті університету: *https://ep3.nuwm.edu.ua/22990/*

Розробник силабусу: *Бойчура Михайло Володимирович, к.т.н., старший викладач кафедри обчислювальної техніки*

Силабус схвалений на засіданні кафедри обчислювальної техніки
Протокол № 13 від "03" червня 2023 року

Завідувач кафедри: *Круліковський Б.Б., к.т.н., доцент*.

Керівник (гарант) ОП: *Сидор А.І., к.т.н., доцент*.

Схвалено науково-методичною радою з якості ННІ АКОТ
Протокол № 8 від "19" червня 2023 року

Голова науково-методичної ради з якості ННІ: *Мартинюк П.М., д.т.н., професор.*

Попередня версія силабусу: *https://ep3.nuwm.edu.ua/22971/*

© НУВГП, 2023

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	
Паралельні та розподілені обчислення	
ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ	
Ступінь вищої освіти	*Бакалавр*
Освітня програма	*Комп'ютерна інженерія*
Спеціальність	*123 Комп'ютерна інженерія*
Рік навчання, семестр	*4-й рік, 2-й семестр*
Кількість кредитів	*4*
Лекції:	*20 годин*
Лабораторні заняття:	*20 годин*
Самостійна робота:	*80 годин*
Курсова робота:	*Ні*
Форма навчання	*денна/заочна*
Форма підсумкового контролю	*Залік*
Мова викладання	*державна*
ІНФОРМАЦІЯ ПРО РОЗРОБНИКА	
Лектор	*Бойчура Михайло Володимирович* *к.т.н., старший викладач кафедри обчислювальної техніки*
Вікіситет	*http://wiki.nuwm.edu.ua/index.php/Бойчура_Михайло_Володимирович*
ORCID	*https://orcid.org/0000-0002-9073-4037*
Канали комунікації	*m.v.boichura@nuwm.edu.ua*, *Телеграм-група студентської групи*
ІНФОРМАЦІЯ ПРО НАВЧАЛЬНУ ДИСЦИПЛІНУ	

Мета та завдання

Мета дисципліни – вивчення студентами сучасних паралельних і розподілених обчислювальних архітектур, моделей, методів та технологій паралельного і розподіленого програмування та їх застосування при створенні високоефективних паралельних і розподілених алгоритмів для багатопроцесорних обчислювальних систем з ціллю подальшого їх використання при розв'язанні ресурсоємних обчислювальних задач.

Основним завданням дисципліни є набуття знань, умінь та навичок (компетентностей), необхідних для програмування паралельних алгоритмів обчислення в багатопотокових та розподілених системах, відповідно до кваліфікації бакалавр з комп'ютерної інженерії.

Зміни в порівнянні з попередньою версією силабусу

1. *Змінено структуру та наповнення силабусу у відповідності до методичних рекомендацій від 10.02.2023.*
2. *Змінився лектор.*
3. *Змінено структуру курсу у відповідності до бачення нового лектора та з врахуванням матеріально-технічного забезпечення лабораторії SmartLab кафедри. Відтепер:*
   - *проводиться огляд найпоширеніших технологій високопродуктивних обчислень та дозволяється виконання подальших лабораторних робіт на будь-якій із них;*
   - *студентам пропонується розробка власних GRID-порталу та кластера.*
4. *Дещо змінено наповнення більшості пунктів силабусу у відповідності до бачення нового лектора та наявного матеріально-технічного забезпечення кафедри.*

Посилання на розміщення освітнього компонента на навчальній платформі Moodle, на платформі освітніх програм та їхніх освітніх компонентів

https://exam.nuwm.edu.ua/course/view.php?id=2756

Передумови вивчення
(місце освітнього компоненту в структурно-логічній схемі)

Передумовою вивчення даної освітньої компоненти є вивчення наступних компонент:

- *ОК-20 Архітектура комп'ютерів;*
- *ОК-28 Комп'ютерні системи і мережі;*
- *ОК-32 Захист інформації в комп'ютерних системах.*

Компетентності

Р2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

Р3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

Р7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

Програмні результати навчання (ПРН). Результати навчання (РН)*

N1. Знати і розуміти наукові і математичні положення, що лежать в

основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.

N2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

N7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

N10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

N17. Вміти проектувати, налагоджувати та обслуговувати інтегровані інтелектуальні комп'ютерні системи для підвищення ефективності бізнес-процесів.

СТРУКТУРА ТА ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№	Теми (лекції)	Опис	№	Лабораторні
1	Основні поняття паралельних і розподілених обчислень (2 год.) N1	Паралельні обчислення. Розподілені обчислення. Відмінності між паралельними та розподіленими обчисленнями. Області застосування. Задачі паралельної та розподіленої обробок. Програмне забезпечення проміжного рівня. Цілі побудови паралельних і розподілених систем. Високопродуктивні обчислення. Обчислення високої пропускної здатності. Суперкомп'ютер. Кластер. Grid-система. Хмарні технології.	–	–
2	Технології високопродуктивних обчислень на відеокартах. Технології CUDA та OpenCL (2 год.) N1, N7, N10	Термінологія в OpenCL. Види пам'яті в OpenCL. Ініціалізація OpenCL. Контекст OpenCL. Черги виконання OpenCL. Спеціальні функції в OpenCL. Основні поняття в CUDA. Види пам'яті CUDA. Ініціалізація CUDA. Синхронізація в CUDA. Спеціальні змінні в CUDA.	1	Високопродуктивні обчислення на відеокартах (2 год.)
3	Технології високопродуктивних обчислень на процесорах. Технологія MPI (2 год.) N1, N7, N10	Загальна організація MPI. Операції передачі даних. Поняття комунікаторів. Типи даних. Базові функції MPI. Ініціалізація і завершення MPI програм. Визначення кількості і рангу процесів. Передача повідомлень. Прийом повідомлень.	2	Високопродуктивні обчислення на процесорах (2 год.)
4	Прості технології високопродуктивних обчислень. Технології OpenMP та OpenACC (2 год.) N1, N7, N10	Загальна характеристика стандарту OpenMP. Структура OpenMP. Формат директив OpenMP. Управління порядком виконання обчислень. Синхронізація обчислень. Визначення загальних і локальних змінних. Загальна характеристика	3	Сумісні високопродуктивні обчислення на відеокартах та процесорах (2 год.)

		стандарту OpenACC. Основи OpenACC. Прагми OpenACC.		
5	Алгоритми паралельного розв'язання математичних задач (2 год.) N1, N7, N10	Робота з пам'яттю. Сума елементів масиву. Множення матриць. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь.	4	Множення матриць (2 год.)
6	Оцінки продуктивності паралельних алгоритмів і систем (2 год.) N1	Вступ до оцінки продуктивності паралельних систем. Фактори оцінки продуктивності. Характеристики продуктивності паралельних алгоритмів. Прискорення та ефективність. Закон Амдала та його наслідки. Розрахунок реального прискорення паралельного підходу в порівнянні лінійним.	5	Дослідження ефективності паралельних програм (2 год.)
7	Мережі Петрі (2 год.) N1, N2, N7, N10	Поняття про мережі Петрі. Прості та розширені мережі Петрі. Приклади реалізації мереж Петрі. Взаємодія паралельних процесів.	6	Побудова простих моделей за допомогою мереж Петрі (2 год.)
8	GRID-технологія (2 год.) N1, N2, N7, N10	Загальна концепція GRID. Властивості GRID. Напрямки розвитку технології GRID. Архінеткура GRID. Зв'язок GRID та веб-технологій. GRID-сервіси та веб-сервіси. Комерційні GRID-портали. Безкоштовні GRID-портали. GRID і бази даних. Безпека GRID. Стандарти SOAP, WSDL, UDDI. Авторизація та автентифікація.	7	Комерційні та безкоштовні GRID-портали (2 год.)
			8	Розробка власного GRID-порталу (2 год.)
9-10	Кластери (4 год.) N1, N10, N17	Призначення кластерів. Типи кластерів. Відмовостійкий кластер. Кластер з балансуванням навантаження. Поняття обчислювального кластера. Програмне забезпечення. Архітектури кластерів. Будова обчислювального кластера. Організація мережі обчислювального кластера. Мережеві карти. Комутатори. Паралельна віртуальна машина.	9-10	Розробка власного кластера (4 год.)

Форми та методи навчання

Форми навчання	• *очна (денна) з, можливо, елементами дистанційного навчання;* • *заочна.*
Форми	• *навчальні заняття (лекції, лабораторні*

навчального процесу	*заняття, консультації);* • *самостійна робота здобувачів;* • *робота в наукових бібліотеках та мережі Інтернет;* • *контрольні заходи (поточна складова оцінювання, модульні контролі, підсумковий контроль).*
Методи та технології навчання	• *робота в малих групах (команді) та індивідуальна робота;* • *проектна технологія;* • *аналіз конкретних ситуацій (case study): ситуація-оцінка;* • *контекстне навчання;* • *проблемне навчання.*
Процес навчання включає, зокрема, наступне	• *написання комп'ютерних програм;* • *відлагодження програм;* • *Code Review;* • *слідування рекомендаціям Coding Conventions.*
Засоби навчання	• *відео-запис лекції;* • *презентація;* • *підручник;* • *конспект лекцій;* • *різні туторіали.*

Інструменти, обладнання, програмне забезпечення

- *середовище розробки: Microsoft Visual Studio;*
- *набір інструментів: CUDA-Toolkit;*
- *реалізація стандарту MPI: Microsoft MPI;*
- *засіб управління вихідним кодом: Git for Windows;*
- *засіб управління пакетами: vcpkg (пакети opencl:x64-windows, msmpi:x64-windows);*
- *сервер;*
- *комутатор;*
- *KVM-перемикач.*

Порядок оцінювання програмних результатів навчання/результатів навчання

Студент може отримати не більше, ніж 100 балів, враховуючи наступну розбаловку:

1. *модульні контролі: 40 балів;*
2. *поточний контроль: 50-60 балів;*
3. *додаткові бали: 0-10 балів.*

Розподіл балів:

1. *за модульні контрольні роботи:*
   - *модульний контроль №1 (20 балів):*
     Рівень 1 – 19 запитань по 0.5 балів за кожне.
     Рівень 2 – 6 запитань по 0.9 балів за кожне.
     Рівень 3 – 3 запитання по 1.7 балів за кожне.
   - *модульний контроль №2 (20 балів):*
     Рівень 1 – 19 запитань по 0.5 балів за кожне.
     Рівень 2 – 6 запитань по 0.9 балів за кожне.
     Рівень 3 – 3 запитання по 1.7 балів за кожне.
2. *за лабораторні роботи (50-60 балів):*

Передбачено по 6 балів за кожну лабораторну роботу; у випадку правильного виконання лабораторної роботи оцінка лінійно залежить від відсотка розуміння коду. Як альтернатива, студенти можуть виконувати й інші завдання, навіть за допомогою інших технологій паралельних/розподілених обчислень чи довільних мовах програмування за умови попереднього узгодження деталей з викладачем.

3. *додаткові бали за вагому громадянську та студентську активність (0-10 балів):*

Виставляється до 10 балів за волонтерство, олімпіади, спартакіади, конкурси, конференції, написання статей, активну студентську діяльність, конкретні пропозиції з удосконалення змісту навчальної дисципліни тощо.

Поєднання навчання та досліджень

Оскільки дана дисципліна викладається на випускному курсі, то вивчення технологій паралельних і розподілених обчислень можна поєднувати із написанням дипломного проекту.

Більше того, в межах лабораторних робіт студенти навчаються практично формувати кластери та створювати допоміжні додатки для роботи з кластерами. Результати такої діяльності в окремих випадках доцільно оформлювати у вигляді статей, тез чи заявки на реєстрацію авторського права.

Рекомендована література (основна, допоміжна)

Основна

1. *CUDA C++ Programming Guide. Release 12.1. 2023. URL: https://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*
2. *The OpenCL™ C Specification. 2023. URL: https://registry.khronos.org/OpenCL/specs/3.0-unified/pdf/OpenCL_C.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*
3. *MPI: A Message-Passing Interface Standard. Version 4.0. 2021. URL: https://www.mpi-forum.org/docs/mpi-4.0/mpi40-report.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*
4. *OpenMP | LLNL HPC Tutorials. URL: https://hpc-tutorials.llnl.gov/openmp/ (Last accessed: 02.06.2023).*

5. *OpenACC Programming and Best Practices Guide. 2022. URL: https://www.openacc.org/sites/default/files/inline-files/openacc-guide.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*
6. *Семеренко В. П. Технології паралельних обчислень: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2018. 104 с.*
7. *Пецко В. І., Міца О. В. Грід-системи та технології хмарних обчислень: методичний посібник. Ужгород, 2016. 50 с. URL: https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/10187/1/Методичка_грід%20системи_12_09.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*

Допоміжна

1. *CUDA C++ Best Practices Guide. Release 12.1. 2023. URL: https://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Best_Practices_Guide.pdf (Last accessed: 02.06.2023).*
2. *Using MPI with C — RC University of Colorado Boulder documentation. URL: https://curc.readthedocs.io/en/latest/programming/MPI-C.html (Last accessed: 02.06.2023).*
3. *Бомба А. Я., Мічута О. Р., Бойчура М. В. Комп'ютерна програма «Комп'ютерна програма реконструкції зображення тензора провідності анізотропного середовища за даними томографії прикладених квазіпотенціалів». Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №91938 від 28.08.2019 р.*

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. https://www.youtube.com/playlist?list=PLKK11Ligqititws0ZOoGk3SW-TZCar4dK (CUDA).
2. https://www.youtube.com/watch?v=r9IqwpMR9TE&list=PLqXS1b2lRpYTUHPp2MYkgXS7v6_qA-JsF (CUDA).
3. https://www.youtube.com/watch?v=2NgpYFdsduY&list=PLxNPSjHT5qvtYRVdNN1yDcdSl39uHV_sU (CUDA).
4. https://www.youtube.com/watch?v=mtA94WAxkPM&list=PLzy5q1NUJKCJocUKsRxZ0IPz29p38xeM- (OpenCL).
5. https://www.youtube.com/watch?v=SLnh7yS52-I&list=PL3xCBlatwrsWhsdHq3JFJiuQ60gHzYtFU (OpenMP).
6. https://www.youtube.com/watch?v=WUIKrLnn-hg&list=PLxNPSjHT5qvtYRVdNN1yDcdSl39uHV_sU&index=27 (OpenACC).
7. https://www.youtube.com/watch?v=PxmvTsrCTZg&list=PLx_s9Cz7_T429SF7gBGJ51iiZoEWYVvkq (OpenACC).
8. https://www.youtube.com/watch?v=1_1fxfuTFN0&list=PLmcndht8X48zKf-jqk9xY5Wg_AhXR8aHb (GRID, Cloud).

ПОЛІТИКИ ВИКЛАДАННЯ ТА НАВЧАННЯ

Перелік соціальних, «м'яких» навичок (soft skills)

Вміння комунікувати	• *здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;*

	• *вміння спілкуватись та писати із використанням англомовної професійної термінології;* • *навички усного спілкування;* • *навички письмового спілкування;* • *вміння писати зрозумілий код.*
Вміння сумісно працювати	• *вміння управляти часом;* • *навички управління проектами;* • *здатність планувати свій час у плані співставлення вимог, власних знань, здібностей і дедлайнів;* • *здатність працювати в команді;* • *навички міжособистісних відношень;* • *вміння надавати рекомендації іншим у коректній формі.*
Здатність до аналізу та синтезу	• *здатність критично мислити;* • *знаходити вихід з складних ситуацій;* • *здатність до навчання;* • *комплексне рішення проблем;* • *критичне мислення.*
Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях	

Дедлайни та перескладання

Дедлайн здачі лабораторних робіт – до кінця сесії. Здача лабораторних робіт відбувається на парі або під час консультації, дата та час якої гнучко узгоджується між студентом та викладачем.

На здачу кожного з модульних контролів студенту надається одна спроба. Перший модуль здається на будь-якій лекції у квітні, а другий – на передостанній чи останній лекції. Перездача окремого модульного контролю передбачена лише за виключних обставин. При бажанні покращити оцінку за модульну складову оцінювання студент під час сесії звертається до викладача з проханням здати підсумковий контроль (40 балів). При цьому, попередні бали за модульні контролі анулюються.

У разі, якщо здобувач не набрав 60 балів після закінчення сесії, його відправляють на комісію з ліквідації академічної заборгованості. Якщо і тоді студент не набирає потрібної кількості балів, то передбачається повторний курс.

Неформальна та інформальна освіта

Студенти мають право на часткове або повне перезарахування предмету за умови написання ними відповідної заяви та надання документів, які підтверджують ті результати навчання, які здобувач отримав (див. положення https://ep3.nuwm.edu.ua/18660/). Зокрема студенти можуть самостійно проходити онлайн-курси на таких навчальних платформах, як Prometheus, Coursera, edEx, edEra,

FutureLearn та інших, для наступного перезарахування результатів навчання. Проте доцільно попередньо узгодити з викладачем відповідність обраного онлайн-курсу суті навчальної дисципліни. Деякий перелік підходящих курсів наведено нижче:

- *Pluralsight – Parallel Computing with CUDA (Паралельні обчислення на технології CUDA);*
- *Pluralsight – High-performance Computing in C++ (високопродуктивні обчислення на C++);*
- *CUDA at Scale for the Enterprise (CUDA в масштабі – для підприємства);*
- *Introduction to OpenCL on FPGAs (Вступ в OpenCL на FPGA);*
- *Introduction to Concurrent Programming with GPUs (Вступ в паралельне програмування на графічних процесорах);*
- *Distributed Programming in Java (Розподілене програмування на Java);*
- *Microsoft Virtual Academy – Optimizing tightly coupled HPC applications on HBv2, HC, and HB series virtual machines (Оптимізація тісно пов'язаних програм HPC на віртуальних машинах серії HBv2, HC і HB).*

Пошук курсів у зручній формі доступний за посиланням: https://www.classcentral.com/.

Правила академічної доброчесності

Задля запобігання академічної недоброчесності вимагається наступне:

- *кожен студент у групі виконує завдання згідно запропонованого йому варіанту або пропонує свою тему, яку обов'язково узгоджує з викладачем;*
- *студент отримує хоча б якусь оцінку лише за умови розуміння коду програми;*
- *студентам забороняється: плагіатити, самоплагіатити, фабрикувати, фальсифікувати, списувати, обманювати та будь-яким чином впливати на викладача, включаючи спроби хабарництва.*

Залежно від виду та ступеня порушення викладач може накладати наступні санкції:

- *усне або письмове зауваження від викладача;*
- *попередження про можливість притягнення до академічної відповідальності;*
- *зниження чи анулювання результатів оцінювання навчального завдання здобувача вищої освіти;*
- *повторне виконання навчального завдання;*
- *виконання іншого навчального завдання;*
- *призначення додаткового навчання з питань академічної доброчесності;*
- *призначення додаткових контрольних заходів (додаткові індивідуальні навчальні завдання, тести тощо);*
- *подання клопотання на ім'я ректора з метою порушення формальної процедури розгляду питання про притягнення студента до відповідальності.*

За списування під час проведення модульного чи підсумкового контролю студент позбавляється подальшого права здавати матеріал і у нього виникає академічна заборгованість.

Документи стосовно академічної доброчесності (про плагіат, порядок здачі курсових робіт, кодекс честі студентів, документи Національного агентства стосовно доброчесності) наведені на сторінці «Якість освіти» офіційного сайту НУВГП – http://nuwm.edu.ua/sp/akademichna-dobrochesnistj.

Вимоги до відвідування

Санкції за пропуски пар не передбачені. Студент має право самостійно вивчити необхідний для здачі модульних контролів та лабораторних робіт матеріал, який в повному обсязі дублюється викладачем одночасно на платформі Moodle та/або у групі з даного предмету в месенджері Telegram. Також викладач розміщує відеозаписи пар на Youtube. У разі необхідності проведення консультації – викладач йде назустріч.

Відвідування пари допускається із використанням власного ноутбука. Студенти не повинні порушувати дисципліну на парі.

Для студентів, які знаходяться на індивідуальному плані навчання, надаються індивідуальні завдання.

Автор
Старший викладач — Михайло БОЙЧУРА

Затверджено

Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи — Валерій СОРОКА

документ підписаний КЕП
Номер документа СИЛ №526 від [sDateTime_SignWriteAgree_Last]
Підписувач Сорока Валерій Степанович
Підписувач (дані КЕП): [oSignECP.sSigner_Sert]
Сертифікат 58E2D9E7F900307B04000000807E2D0054327D00