

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

(повне найменування закладу вищої освіти)

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

(назва інституту/факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(назва кафедри)

СИЛАБУС

навчальної дисципліни

OK26 Високопродуктивні обчислення в мобільних і вбудованих КС

(вказати назву навчальної дисципліни (іноземною, якщо дисципліна викладається іноземною мовою))

обов'язкова

(обов'язкова чи вибіркова)

Освітньо-професійна програма – “Програмування мобільних і вбудованих

комп'ютерних систем та засобів Інтернету речей”

Освітньо-професійна програма – “Комп'ютерна інженерія”

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

(шифр і назва галузі знань)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

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

Навчально-науковий інститут фізико-технічних і комп'ютерних наук

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

Мова навчання – українська

(мова, на якій читається дисципліна)

Кількість кредитів: 6

Форми навчальної діяльності: лекції, лабораторні роботи, самостійна робота

Форма підсумкового контролю: іспит

Розробники: Яковлєва Інна Дмитрівна, доцент кафедри КСМ, кандидат техн. наук

Лісовенко Ірина Дмитрівна, асистент кафедри КСМ

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

Профайл викладача (-ів) <https://csn.chnu.edu.ua/>,

<https://csn.chnu.edu.ua/employees/yakovlyeva-inna-dmytrivna/>

<https://csn.chnu.edu.ua/employees/lisovenko-iryna-dmytrivna/>

Контактний тел.

+ (38) 0372 50 94 32 (кафедра КСМ) – Яковлєва І. Д., Лісовенко І. Д.

E-mail:

i.yakovleva@chnu.edu.ua, i.lisovenko@chnu.edu.ua

Сторінка курсу в Moodle

<https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=1288>

Консультації

згідно з розкладом (1 раз у 2 тижні)

1. Анотація дисципліни

Курс «Високопродуктивні обчислення в мобільних і вбудованих КС» призначений для формування компетентностей випускників спеціальності 123 - Комп'ютерна інженерія в галузі прикладного застосування комп'ютерної техніки в наукових дослідженнях та виробництві. Його введення в навчальний план дозволяє розширити цикл дисциплін з програмування для підготовки бакалаврів, а також надати їм додаткові знання і практичні навички в високопродуктивних обчисленнях в мобільних і вбудованих КС при виконанні випускних кваліфікаційних робіт, та в майбутній професійній діяльності.

2. Мета навчальної дисципліни: формування необхідного рівня теоретичної і практичної підготовки студентів для грамотного використання ними знань основ високопродуктивних паралельних та розподілених обчислень при освоєнні суміжних дисциплін та у майбутній професійній діяльності, а також формування знань для організації ефективного розв'язку великих задач в мобільних і вбудованих КС.

Завдання: вивчення основних тенденцій розвитку сучасних паралельних обчислень, формування знань про сутність провідних напрямків досліджень моделей паралельних алгоритмів з детальним розумінням базових принципів їх побудови та аналізу, вивчення методів розробки високопродуктивних паралельних програм та способів застосування сучасних мов паралельного програмування для надвеликих обчислень; формування у студентів спроможності подальшого самостійного засвоєння знань та вмій, розвиток пізнавального хисту, освоєння раціональних прийомів оволодіння знаннями.

3. Пререквізити. Для коректного розуміння і засвоєння матеріалу даного курсу слухачі повинні попередньо оволодіти знаннями з дисциплін «Програмування. Ч1. Основи алгоритмізації і програмування на Python і JavaScript», «Програмування. Ч2. Програмування мовою C++ », «Програмування. Ч3. Основи об'єктно-орієнтованого програмування», «Архітектура комп'ютерів» та «Комп'ютерні системи». Результати навчання за цим курсом потрібні при вивченні дисципліни другого рівня освіти «Технології IoT & IoE для Big Data Analysis» та «Технології хмарних обчислень», при виконанні випускних кваліфікаційних робіт та в майбутній професійній діяльності.

4. Результати навчання

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

4.1. Знати: ключові поняття і принципи організації високопродуктивних паралельних та розподілених обчислень; основні тенденції розвитку мобільних і вбудованих паралельних КС; парадигми паралельного програмування; засоби програмування систем паралельних обчислень зі спільною та розподіленою пам'яттю; критерії продуктивності паралельних алгоритмів, методи їх проектування і оцінки їх складності; тенденції розвитку науки та техніки в галузі створення паралельних систем обробки даних; фактори, що впливають на продуктивність паралельних програм; критерії вибору програмно-апаратної платформи для вирішення обчислювально-складних задач заданого класу.

4.2. Вміти: виконати аналіз паралельних можливостей вхідних задач, провести їх декомпозицію, побудувати паралельний алгоритм і розробити структуру програми для подальшого розв'язку на паралельній обчислювальній системі (ПОС); створити програму для ПОС, застосовуючи необхідну мову паралельного програмування; виконати оптимальне розміщення частин програми на процесорних вузлах ПОС з урахуванням топологічних особливостей мобільних і вбудованих КС, забезпечивши мінімальний час обміну даними в системі; дослідити ефективність розробленої

програми; оволодіти базовими навичками роботи з засобами високопродуктивного паралельного програмування як для гомогенних так і для гетерогенних ПОС.

4.3. Набути компетентностей:

ЗК – загальних

ЗК 1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК 3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 8. Здатність працювати в команді.

СК - фахових

ФК2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

ФК11. Здатність оформляти отримані робочі результати у вигляді презентацій, науково-технічних звітів.

ФК13. Здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій.

ФК15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

ПРН - програмні результати навчання

ПРН2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН4. Знати та розуміти вплив технічних рішень в суспільному, економічному, соціальному і екологічному контексті.

ПРН6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРН11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

ПРН12. Вміти ефективно працювати як індивідуально, так і у складі команди.

ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

ПРН14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення

ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

5. Опис навчальної дисципліни

5.1. Загальна інформація

Назва навчальної дисципліни <u>OK26 «Високопродуктивні обчислення в мобільних і вбудованих КС»</u>												
Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість				Кількість годин					Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	змістових модулів	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	7,8	6,0	180	4	42			54	84		залік (7), іспит (8)

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1,14 $((42+54)/84)$.

5.2. Дидактична карта навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	усь го	у тому числі					усь ого	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	
Змістовий модуль 1. Концепція високопродуктивних обчислень. Інтерфейс передачі повідомлень MPI													
Тема 1. Основи високопродуктивних обчислень. Базис паралельного програмування за допомогою інтерфейсу обміну повідомлень MPI	6	2		2		2							
Тема 2. Методологія парного міжпроцесного обміну MPI-повідомленнями	9	2		2		5							
Тема 3. Вплив топологій з'єднання процесорних елементів на ефективність паралельних обчислень.	9	2		2		5							
Тема 4. Принципи та засоби колективного обміну в інтерфейсі MPI.	9	2		2		5							
Тема 5. Групи процесів та комунікатори, їх роль в обміні повідомленнями	9	2		2		5							

Тема 6. Віртуальні топології в MPI.	13	4		4		5						
Разом за ЗМ1	55	14		14		27						
Змістовий модуль 2. Паралельні алгоритми												
Тема 7. Паралельні алгоритми, форми їх представлення та основні показники. Графові моделі програм	6	2		2		2						
Тема 8. Методи декомпозиції вхідних задач	9	2		2		5						
Тема 9. Принципи проектування паралельних алгоритмів	9	2		2		5						
Тема 10. Паралельні чисельні методи для розв'язку типових обчислювальних задач	13	4		4		5						
Тема 11. Оцінка ефективності паралельних алгоритмів. Закони Амдала.	7	2				5						
Тема 12. Мережі Петрі як засіб моделювання паралельних процесів	15	4		6		5						
Разом за ЗМ2	59	16		16		27						
Змістовий модуль 3. Організація і управління процесами та потоками												
Тема 13. Основи багатопотокового програмування. Стан процесів та система пріоритетів	11	2		4		5						
Тема 14. Взаємодія процесів через спільні змінні. Проблеми багатопотокового програмування та засоби синхронізації	11	2		4		5						
Тема 15. Моделювання взаємодії паралельних процесів за допомогою мереж Петрі	11	2		4		5						
Разом за ЗМ3	33	6		12		15						
Змістовий модуль 4. Гетерогенне паралельне програмування за допомогою бібліотек CUDA та OpenCL												
Тема 16. Технологія CUDA: архітектура, структура пам'яті,	11	2		4		5						

принципи організації обчислень											
Тема 17. Основи програмування за допомогою CUDA	11	2		4		5					
Тема 18. Фреймворк OpenCL та організація високопродуктивних гетерогенних обчислень.	11	2		4		5					
Разом за ЗМ4	33	6		12		15					
Усього годин	180	42		54		84					

5.3. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Вивчення операцій парного обміну повідомленнями між MPI-процесами.	4
2.	Знайомство з процедурами колективного обміну в MPI.	4
3.	Організація взаємодії паралельних MPI-процесів за заданою топологією з використанням команд парного обміну повідомленнями	4
4.	Паралельна реалізація алгоритмів сортування.	4
5.	Вивчення форм представлення паралельних алгоритмів	4
6.	Матричне представлення паралельних алгоритмів	4
7.	Розробка і дослідження паралельної програми на основі існуючої послідовної. Вивчення умов Бернштейна.	4
8.	Вивчення концепції машини потоків даних у мобільних та вбудованих КС.	4
9.	Вивчення основ багатопотокового програмування. Планування потоків.	6
10.	Вивчення засобів синхронізації потоків при багатопотоковому програмуванні.	6
11.	Застосування багатопотокового програмування для розв'язку обчислювальних задач	6
12.	Вивчення основ технології програмування на графічних процесорах CUDA.	6
13.	Організація матричних CUDA-обчислень.	6
14.	Вивчення основ технології програмування на графічних процесорах OpenCL.	6
		54

Примітка. Методичні рекомендації та завдання до лабораторних робіт доступні на інтернет-ресурсах: <https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=1288>

Програмне забезпечення для виконання лабораторних робіт: фреймворк OpenCL, платформа паралельних обчислень CUDA, інтерфейс передачі повідомлень MPI, середовище для розробки програм мовами C++/Python/ Java. Емулятор роботи мереж Петрі PetriNetwork 2.0.

5.4. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Паралелізм в інформаційних технологіях. Перспективи розвитку паралельних обчислень	7
2	Огляд та порівняння паралельних обчислювальних систем, які є лідерами списку TOP 500 з моменту його заснування.	7
3	Класи сучасних паралельних обчислювальних систем за М. Флінном, Р. Хокні, Фенгом, та В. Хендлером.	7
4	Паралельні мови програмування і розширення стандартних мов. Технології паралельного програмування.	7
5	Компілятори для розпаралелювання послідовних програм. Проблеми виявлення потенційного паралелізму	7
6	Порівняльна характеристика засобів паралельного програмування на графічних процесорах.	7
7	Асинхронна паралельність. Обчислювальні системи типу MIMD. Проблеми асинхронної паралельності при обробці інформації.	7
8	Синхронна паралельність. Обчислювальні системи типу SIMD. Проблеми синхронної паралельності при обробці інформації.	7
13	Типові шаблони паралельного програмування: SPMD (Single Program Multiple Data). Loop Parallelism. Master/Worker. Рекурсивний Fork/Join.	7
14	Алгоритми маршрутизації у мобільних та вбудованих КС. Методи передачі даних та аналіз трудомісткості його основних операцій.	7
15	Система Apache Spark. Паралелізм при обробці надвеликих даних, його застосування у мобільних КС.	7
16	Система MapReduce і обробка масштабних графів. Обмеження моделі MapReduce. Розширення і альтернативні підходи.	7
		84

6. Форми і методи навчання

Форми навчання – це проблемні й оглядові лекції, лабораторні заняття, заняття із застосуванням комп'ютерної та телекомунікаційної техніки, інтерактивні заняття з навчанням одних студентів іншими, інтегровані заняття, проблемні заняття, відеолекції, відеозаняття і відеоконференції засобами Google Meet, Zoom, Cisco Webex, заняття з використанням системи електронного навчання Moodle.

Методи: проблемний виклад матеріалу, частково-пошукові та дослідницькі лабораторні практикуми, презентації, кейс-стаді, консультації і дискусії, робота в інтернет-класі: електронні лекції, лабораторні роботи, дистанційні консультації та ін., спрямовані на активізацію і стимулювання навчально-пізнавальної діяльності студентів.

Підходи до навчання: використовуються студентоцентрикований, проблемно-орієнтований, діяльнісний, комунікативний, професійно-орієнтований, міждисциплінарний підходи.

Для викладання матеріалів з навчальної дисципліни «Високопродуктивні обчислення в мобільних і вбудованих КС» використовуються наступні методи навчання.

6.1. Словесні методи навчання. Навчальна лекція

За допомогою даного методу забезпечується усне викладення матеріалу великими ємністю й складністю логічних побудов, доказів і узагальнень. В ході лекції використовуються прийоми усного викладення інформації, підтримання уваги протягом тривалого часу, активізації мислення студентів, прийоми забезпечення логічного запам'ятовування, переконання, аргументації, доказів, класифікації, систематизації і узагальнення. В залежності від специфіки лекційного матеріалу іноді використовується лекція-діалог.

6.2. Індуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних занять, коли матеріал носить, здебільшого, фактичний характер. В рамках лабораторних занять метод застосовується при виконанні технічних задач, коли студенти використовують раніше здобуті теоретичні знання при роботі з конкретними пристроями (комп'ютерами) та програмними продуктами.

6.3. Репродуктивний метод навчання

Даний метод навчання використовується в рамках лекційних і лабораторних занять, а також під час самостійної роботи студентів. Метод передбачає роботу студентів за визначеним алгоритмом. Згідно з методом для виконання завдань студентам надаються методичні вказівки, правила і навчальні приклади.

6.4. Проблемно-пошукові методи навчання

Проблемно-пошукові методи застосовуються в ході проблемного навчання, а саме в процесі виконання лабораторних робіт та індивідуальних науково-дослідних завдань, де під проблемною ситуацією треба вважати невідповідність між тим, що вивчається і вже вивченим. При використанні проблемно-пошукових методів навчання викладач використовує такі прийоми: створює проблемну ситуацію (ставить питання, пропонує задачу, експериментальне завдання), організує колективне обговорення можливих підходів до рішення проблемної ситуації, стимулює висування гіпотез, тощо. Студенти роблять припущення про шляхи вирішення проблемної ситуації, узагальнюють раніше набуті знання, виявляють причини явищ, пояснюють їхнє походження, вибирають найбільш раціональний варіант вирішення проблемної ситуації. Викладач обов'язково керує цим процесом на всіх етапах, а також за допомогою запитань-підказок. Також даний метод використовується при опрацюванні матеріалів в системі дистанційної освіти «Moodle».

6.5. Наочний метод навчання

Наочний метод достатньо важливий для студентів, оскільки забезпечує візуальне подання навчального матеріалу, зокрема, з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. При викладанні дисципліни наочний метод навчання поєднується зі словесними методами для представлення інформації у вигляді таблиць, рисунків, схем та діаграм.

7. Система контролю та оцінювання

Засобами оцінювання та демонстрування результатів навчання є

- контрольні роботи;
- стандартизовані тести;

- презентації результатів виконаних завдань та досліджень;
- завдання на лабораторному обладнанні.

Формами поточного контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при захисті виконаних лабораторних робіт, кількість отриманих балів при виконанні тестового завдання, а також письмова відповідь при написанні модульних контрольних робіт. Формами підсумкового контролю рівня знань є усна та письмова відповідь студента при здачі іспиту.

7.1. Критерії оцінювання результатів навчання з навчальної дисципліни

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом навчання навчальної дисципліни.

У залежності від характеру відповіді студента кількість балів за кожний вид діяльності може бути визначена за наступними критеріями:

К-ть балів	Критерії оцінки
Мах	Студент дає вичерпну відповідь на поставлене запитання
$0,8 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився незначних неточностей, які не впливають на суть відповіді
$0,6 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився помилок, які виправляє за допомогою викладача; в середньому може дати правильні відповіді на 50% питань теми
$0,4 \cdot \text{Мах}$	Студент при відповіді на поставлене запитання припустився суттєвих помилок, які все ж таки виправляє за допомогою викладача; дає правильні відповіді на 30% питань теми
$0,2 \cdot \text{Мах}$	Студент за допомогою викладача фрагментарно відповідає на запитання, проте не в повній мірі володіє мінімальним рівнем знань з даного питання
0	Характер відповідей дає підставу стверджувати, що студент неправильно зрозумів суть питання чи не знав правильної відповіді, а тому відповідав, припускаючись грубих помилок.

Примітка: за Мах прийнято максимальну оцінку для даного виду діяльності; заокруглення проводиться до одиниць балу.

Шкала та критерії оцінювання: національна та ЄКТС (Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система, ECTS)

Оцінка за шкалою ЄКТС	Пояснення	Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою
A	відмінно	90 – 100	відмінно
B	дуже добре	80-89	добре
C	добре	70-79	
D	задовільно	60-69	задовільно
E	достатньо	50-59	
FX	(незадовільно) з можливістю повторного складання	35-49	незадовільно
F	(незадовільно) з обов'язковим повторним курсом	1-34	

Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне оцінювання (аудиторна та самостійна робота)														Підсумк. контроль	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1							Змістовий модуль 2								
T1	T2	T3	T4	T5	T6	M1	T7	T8	T9	T10	T11	T12	M2	(залік)	
4	4	4	4	4	4	6	4	4	4	4	4	4	6	40	100
Змістовий модуль 3							Змістовий модуль 4							(іспит)	
T13	T14	T15	M3	T16	T17	T18	M4								
7	7	7	9	7	7	7	9	40	100						

7.2. Перелік тем і розподіл максимально можливої кількості балів, які отримують студенти за виконання всіх видів навчальної діяльності

Змістовий модуль 1. Концепція високопродуктивних обчислень. Інтерфейс передачі повідомлень MPI

- T1. Основи високопродуктивних обчислень. Базис паралельного програмування за допомогою інтерфейсу обміну повідомлень MPI (ЛР № 1 – 4 бали)
- T2. Методологія парного міжпроцесного обміну MPI-повідомленнями (Тест №1 – 2 бали, ЛР № 2 – 2 бали)
- T3. Вплив топології з'єднання процесорних елементів на ефективність паралельних обчислень. (ЛР № 2 – 4 бали)
- T4. Принципи та засоби колективного обміну в інтерфейсі MPI. (ЛР № 3 – 4 бали)
- T5. Групи процесів та комунікатори, їх роль в обміні повідомленнями (ЛР № 4 – 2 бали, Тест №2 – 2 бали)

T6. Віртуальні топології в MPI. (ЛР № 4 – 4 бали)

M1. Модульна контрольна робота №1 – 6 балів.

Змістовий модуль 2. Паралельні алгоритми

T7. Паралельні алгоритми, форми їх представлення та основні показники. Графові моделі програм (ЛР № 5 – 4 бали)

T8. Методи декомпозиції вхідних задач (ЛР № 6 – 4 бали)

T9. Принципи проектування паралельних алгоритмів (ЛР № 7 – 4 бали)

T10. Паралельні чисельні методи для розв'язку типових обчислювальних задач (Тест №3 – 4 бали)

T11. Оцінка ефективності паралельних алгоритмів. Закони Амдала.(Тест №4 – 4 бали)

T12. Мережі Петрі як засіб моделювання паралельних процесів (ЛР № 8 – 4 бали,)

M2. Модульна контрольна робота №2 – 6 балів.

Змістовий модуль 3. Організація і управління процесами та потоками

T13. Основи багатопотокового програмування. Стан процесів та система пріоритетів. (ЛР № 9 – 7 балів)

T14. Взаємодія процесів через спільні змінні. Проблеми багатопотокового програмування та засоби синхронізації (ЛР № 10 – 7 балів)

T15. Моделювання взаємодії паралельних процесів за допомогою мереж Петрі (ЛР № 11 – 7 балів)

Змістовий модуль 4. Гетерогенне паралельне програмування за допомогою бібліотек CUDA та OpenCL

T16. Технологія CUDA: архітектура, структура пам'яті, принципи організації обчислень (ЛР № 12 – 7 балів)

T17. Основи програмування за допомогою CUDA (ЛР № 13 – 7 балів)

T18. Фреймворк OpenCL та організація паралельних гетерогенних обчислень. (ЛР № 14 – 7 балів)

M4. Модульна контрольна робота №4 – 9 балів.

7.3. Умови зарахування результатів неформальної освіти

Студент, згідно Положення ЧНУ «Про неформальну освіту» може отримати додаткові бали, або бути звільненим від окремих видів роботи з окремих тем, якщо у нього наявні сертифікати про неформальну освіту з проблем, які вивчаються на дисципліні «Високопродуктивні обчислення в мобільних і вбудованих КС».

Також, як виконані види роботи з відповідних тем зараховуються студенту бали за наукові публікації у матеріалах науково-практичних конференцій та фахових чи апробаційних виданнях.

7.4. Політика курсу

Самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей).

Академічна доброчесність: посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

Відвідування: Відвідування занять є обов'язковим. Засвоєння пропущеної теми лекції з поважної причини перевіряється під час складання підсумкового контролю. Пропуск лекції з неповажної причини відпрацьовується студентом (співбесіда, реферат

тощо). Пропущені практичні та лабораторні заняття, незалежно від причини пропуску, студент відпрацьовує згідно з графіком консультацій.

8. Рекомендована література **Фахова (основна)**

1. Лісовенко І.Д., Яковлєва І. Д. Навчальний посібник «Паралельні та розподілені обчислення». Чернівці: ЧНУ, 2022. 120 с. (електронне видання).
2. Лісовенко І.Д., Яковлєва І. Д. Паралельні та розподілені обчислення : лабораторний практикум. Частина 1. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. 64 с. (електронне видання).
3. Лісовенко І.Д., Яковлєва І. Д. Паралельні та розподілені обчислення: лабораторний практикум. Частина 2. Чернівці : Чернівецький національний університет, 2022. 85 с. (електронне видання).
4. Мельник А. О., Яковлєва І. Д. Подання та структурний аналіз паралельних алгоритмів : навчальний посібник. Львів : Магнолія 2006, 2022. 109 с
5. Мельник А. О., Яковлєва І. Д. Структурний аналіз і синтез паралельних алгоритмів : монографія. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2018. 184 с.
6. Melnyk A., Iakovlieva I. Structural Matrix for Algorithm Flow Graph Representation in Computer, 2022 *12th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*, 2022, pp. 466-471, URL : <https://doi.org/10.1109/ACIT54803.2022.9913167> (date of access: 20.08.2022).
7. K. Schwab, The fourth industrial revolution. Crown Publishing Group, Division of Random House Inc, 2017.
8. 3. E. Lee and S. Seshia, "Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach", Ptolemy.berkeley.edu, 2019.
9. Восс М., Асенхо Р., Рейндерс Дж. Паралельне програмування на C++ з допомогою бібліотеки TBB. К : ДМК Прес, 2020. 674 с.
10. Сандерс Дж., Кэндрот Ед. Технологія CUDA в прикладах. Введення в програмування графічних процесорів. К : ДМК Прес, 2017. 272с.

Допоміжна

1. Малашонок Г. І., Сідько А. А. Паралельні обчислення на розподіленій пам'яті : OpenMPI, Java, Math Partner : підручник. – Київ : НаУКМА, 2020. – 266 с
2. N. Suda, "Reconfigurable Architectures and Systems for IoT Applications", Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy. Arizona state university, 2016. – 83 p. – N. Suda, Repository.asu.edu, 2019. [Online]. Available: https://repository.asu.edu/attachments/164110/content/Suda_asu_0010E_15651.pdf. [Accessed: 20- Jul- 2019].
3. Burns B. Designing Distributed Systems. Sebastopol : O'Reilly Media, 2018. 149 p.
4. Terrell R. Concurrency in .NET. Shelter Island: Manning, 2018. 534 p.
5. Steen M., Tanenbaum A. Distributed-systems. New York : Pearson Education. – 2017. – 596 с.
6. Troelsen A., Japikse P. Pro C# 7: With .NET and .NET Core. New York : APress. Inc., 2017. 1372 с.
7. Качко О.Г. Паралельне програмування : учбовий посібник. Харків : ХНУРЕ, 2016. 403 с.
8. Ringler R. C# Multithreaded and Parallel Programming. Birmingham : Packt Publishing, 2014. 323 p.
9. Herlihy M. The Art of Multiprocessor Programming. Reprint 1st Edition. Morgan Kaufmann Publication, 2012. 487 p.

9. Інформаційні ресурси

1. The List of Top 500 Supercomputers Sites. *TOP 500*. URL : <http://www.top500.org> (date of access: 20.08.2022).
2. Message Passing Interface Tutorials. *Lawrence Livermore National Laboratory*. URL : <https://hpc-tutorials.llnl.gov/mpi/> (date of access: 20.08.2022).
3. The OpenMP API specification for parallel programming. *OpenMP*. URL : www.openmp.org (date of access: 20.08.2022).
4. Програми, дослідження, обчислення. *Nvidia*. URL : <https://www.nvidia.com> (дата звернення: 20.08.2022).
5. Using MPI with C. *GitHub*. URL : <https://curc.readthedocs.io/en/latest/programming/MPI-C.html>. (date of access: 20.08.2022).
6. MPI-resources GitHub. *GitHub*. URL : <https://github.com/mpitutorial/mpitutorial> (date of access: 20.08.2022).
7. Курс лекцій з паралельних обчислень. URL : <https://sites.google.com/site/parcomp2012/lectures> (дата звернення: 20.08.2022).