

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Моделі та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних»



Ступінь освіти	Доктор філософії
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Тривалість викладання	4 семестр
Заняття:	7, 8 квартали
лекції	1 год./тижд.
практичні роботи	1 год./тижд.
Мова викладання	українська

Передумови для вивчення: дисципліна не потребує додаткових вимог до базових дисциплін. Міждисциплінарні зв'язки: курс ґрунтується на знаннях, отриманих з вивчених дисциплін за попереднім рівнем освіти.

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:

Консультації: за окремим розкладом, що попередньо погоджений зі здобувачами освіти.

Онлайн-консультації: MS Teams, електронна пошта, соціальні мережі.

Інформація про викладачів:



Викладач:

Швачич Геннадій Григорович

д-р техн. наук, доц., професор каф. ПЗКС

Посилання на профіль:

Сторінка кафедри ПЗКС:

<https://pzks.nmu.org.ua/ua/teachers/laktionovis.php>

Orcid ID:

<https://orcid.org/0000-0002-9439-5511>

Scopus ID:

<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56509642500>

ResearchGate Profile:

<https://www.researchgate.net/profile/Hennadii-Shvachych>

1. Анотація до курсу

Моделі та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних – це дисципліна, яка забезпечує важливий аспект професійного світогляду здобувачів PhD рівня, спрямована на формування у них ефективних дослідників, здатних використовувати передові технології високопродуктивних обчислень для розв'язування складних задач комп'ютерного моделювання у різних галузях науки і технологій. Аналізуються моделі, платформи та методи створення програмних систем паралельної та розподіленої обробки інформації, а також методи програмування таких систем. Особлива увага приділяється аналізу технік підвищення ефективності паралельних і розподілених обчислень.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – розвинути систему знань, умінь і навичок аспірантів в області розвитку систем паралельної та розподіленої обробки даних, поглибити знання про моделі, методи та засоби паралельного програмування, що сприятиме формуванню здатності

застосовувати знання з паралельного програмування на практиці, критично переосмислювати наявні інформаційні технології, відстежувати тенденції їх розвитку, розвивати й реалізовувати нові конкурентоздатні ідеї в галузі інформаційних технологій.

Завдання курсу:

У результаті вивчення курсу аспіранти повинні набути компетентності на рівні новітніх досягнень у програмуванні високопродуктивних обчислень на основі паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки. Зокрема, розвивати: здатність критично осмислювати наявні інформаційні технології та відстежувати тенденції їх розвитку. Здобувач має вивчити: види і рівні паралелізму операцій в комп'ютерних системах; парадигми паралельного програмування; засоби програмування систем паралельних обчислень зі спільною та розподіленою пам'яттю; критерії ефективності паралельних алгоритмів; методи розробки паралельних та розподілених програм.

Результати навчання:

Отримання знань та навичок у створенні програмних систем паралельної та розподіленої обробки даних. У результаті навчання аспіранти навчатимуться: розробляти моделі паралельних обчислень з розподіленою пам'яттю, визначати критерії ефективності паралельних алгоритмів; реалізовувати розпаралелювання обчислювальних алгоритмів; будувати моделі виконання паралельних програм; оцінювати ефективності паралельних обчислень; аналізувати складність обчислень і можливість розпаралелювання розроблюваних алгоритмів.

4 Структура курсу

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	ЛЕКЦІЇ	80
ДРН–01 ДРН–03	Тема 1. Загальна характеристика і еволюція розвитку розподілених і паралельних обчислень. Поняття високопродуктивних систем, розподілених і паралельних обчислень. Задачі розподілених систем. Паралельна і конвеєрна обробка даних. Супер – ЕОМ, надвисока продуктивність ЕОМ. Еволюція розвитку високопродуктивних систем. Сучасні тенденції застосування високопродуктивної обчислювальної техніки. Основні архітектурні поняття. Архітектура високопродуктивних обчислювальних систем. Класична Фон-Неймановська архітектура. Архітектура пам'яті. Методи підвищення швидкодії пам'яті: ієрархія пам'яті; просторова і тимчасова локальність, кеш-пам'ять і стратегії її використання; розшарування пам'яті.	5
ДРН–01 ДРН–03	Тема 2. Класифікація паралельних обчислювальних систем. Класифікація Флінна: єдиність або множинність потоків даних і команд. Доповнення Ванга і Бріггса: конкретизація класів SISD, SIMD, MIMD. Класифікація Фенга: дві прості чисельні	5

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	<p>характеристики паралелізму (послівний і порозрядний паралелізм). Класифікація Шора: шість "типової архітектури" обчислювальних систем. Класифікація Хендлера: кількісний опис паралелізму на трьох різних рівнях обробки даних(виконання програми, виконання команд, обробка бітів). Класифікація Хокни : конкретизація класу MIMD. Класифікація Шнайдера: конкретизація класу SIMD(основна ідея - виділення етапів вибірки і безпосередньо виконання в потоках команд і даних).</p> <p>Класифікація Джонсона: чотири класи MIMD-комп'ютерів(комп'ютери із загальною або розподіленою пам'яттю, що програмуються за допомогою передачі повідомлень або змінних, що розділяються).</p> <p>Класифікація Бази: послідовність рішень, прийнятих на етапі проектування архітектури.Класифікація Кришнамарфи: чотири якісні характеристики паралелізму(міра гранулярної паралелізму, спосіб реалізації, топологія і природа зв'язку процесоров, спосіб управління процесорами).</p> <p>Класифікація Скилликорна : опис архітектури комп'ютера як абстрактної структури, що складається з компонент 4 типів(процесор команд, процесор даних, ієрархія пам'яті, комутатор).</p> <p>Класифікація Дазгупти: побудова схем архітектури з семи базових понять.</p> <p>Класифікація Дункана.</p>	
<p>ДРН-01 ДРН-02 ДРН-03</p>	<p>Тема 3. Сучасні високопродуктивні комп'ютери.</p> <p>Вимоги до сучасних комп'ютерів. Класифікація комп'ютерів за сферами застосування. Шляхи підвищення продуктивності комп'ютерів. Сучасні мікропроцесори і мікропроцесорні системи. Системи високої готовності і відмовостійкі системи.</p> <p>Суперкомп'ютери. Векторні і матричні комп'ютери, багатопроцесорні комп'ютери і багатомашинні комплекси, векторизація і розпаралелювання алгоритмів, машини потоків команд і машини потоків даних, транс'ютери, нейрокомп'ютери. Приклади застосування суперкомп'ютерних технологій.</p> <p>Мультипроцесори. Гомогенні та гетерогенні мультиком'ютері системи.</p>	<p>10</p>

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	Архітектура сучасних багатоядерних процесорів.	
ДРН–01 ДРН–02 ДРН–03	<p>Тема 4. Моделі паралельного програмування. Парадигми паралельного програмування: паралелізм даних і паралелізм завдань. Особливості взаємодії в багатопоточних програмах. Взаємодія паралельних процесів за допомогою механізму передачі повідомлень. Проблеми взаємодії процесів, поняття «клінчу».</p>	5
ДРН–01 ДРН–02 ДРН–03	<p>Тема 5. Розробка паралельних алгоритмів і оцінка їх ефективності. Вимоги до паралельним алгоритмам. Типові прийоми розпаралелювання алгоритмів, ідея геометричного паралелізму. Показники ефективності паралельного алгоритму: прискорення і ефективність. Основні характеристики обчислювальної системи, що впливають на величину прискорення і ефективності.</p>	10
ДРН–01 ДРН–02	<p>Тема 5. Паралельні числові методи. Елементи комп'ютерної арифметики. Цілі числа: значення, операції, розширення. Дійсні числа: значення, операції, причини помилок. Приклади алгоритмів виконання типових операцій. Методи рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь (СЛАР). Прямі методи рішення СЛАР. Метод виключення Гауса. Метод Холецького. Метод прогонки. Метод редукації. Методи рішення систем з розрідженою матрицею. Ітераційні методи рішення СЛАР. Метод простої ітерації. Метод верхньої релаксації. Метод споріднених градієнтів Методи рішення диференційних рівнянь в часних похідних. Рішення задачі Діріхле для рівняння Пуассона. Організація паралельних обчислень. Методы Монте-Карло.</p>	5
ДРН–01 ДРН–02 ДРН–03	<p>Тема 7. Методи аналізу паралельних алгоритмів. Подання паралельного алгоритму у вигляді графа. Розкладення паралельного алгоритму. Показник часової складності алгоритму. Оцінка часу виконання алгоритму для паракомп'ютера (граничне розпаралелювання) і для систем з кінцевим числом</p>	5

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	процесорів. Способи отримання оптимального розкладу.	
ДРН–01 ДРН–02	<p>Тема 8. Технологія паралельного програмування OpenMP.</p> <p>Основи технології OpenMP. Виокремлення паралельно-виконавчих фрагментів програмного коду. Створення паралельних програм для багатоядерних систем за допомогою OpenMP, основні директиви OpenMP. Розподіл обчислювального навантаження між потоками. Розпаралелювання по даним для циклів. Управління розподілом ітерацій циклу між потоками. Управління порядком виконання обчислень. Синхронізація обчислень після закінчення виконання циклу.</p>	5
ДРН–01 ДРН–02	<p>Тема 9. Управління даними для паралельно-виконавчих потоків.</p> <p>Визначення загальних і локальних змінних. Спільна обробка локальних змінних (операція редукації). Організація взаємовиключення при використанні спільних змінних. Забезпечення атомарності (неподільності) операцій. Використання критичних секцій. Застосування змінних семафорного типу (замків). Розподіл обчислювального навантаження між потоками (розпаралелювання по задачам). Розширені управління даними.</p>	5
ДРН–01 ДРН–02	<p>Тема 10. Сучасні інтерфейси паралельного програмування.</p> <p>Інтерфейс передачі даних MPI: структура MPI, основні функції передачі даних. Основи програмування на MPI: функції ініціалізації бібліотеки, функції комунікації типу точка-точка, функції колективної взаємодії. Засоби розробки розподілених додатків.</p>	5
ДРН–01 ДРН–02	<p>Тема 11. Реалізація паралельного алгоритму на основі інтерфейсу програмування MPI для прикладних задач.</p> <p>Побудова та реалізація паралельного алгоритма на основі інтерфейсу програмування MPI для задач дисертаційної роботи.</p>	10
ДРН–01	Тема 12. Розподілені інформаційні системи.	10

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
ДРН–02	<p>Основні поняття розподілених систем та їх класифікація.</p> <p>Розподілені системи об'єктів. Розподілені файлові системи. Розподілені системи документів. Розподілені системи узгодження. Корпоративні обчислювальні і інформаційні системи. Приклади розподілених інформаційних систем. Моделювання розподілених систем. Мова Triad.</p>	
	ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ	40
ДРН–02 ДРН–03	<p style="text-align: center;">Практична робота №1</p> <p>Тема: Визначення ефективності застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень для прикладних задач.</p> <p><u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички визначення ефективності застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень.</p> <p><u>Завдання:</u> Визначити ефективність застосування багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень для задач по темі дисертаційної роботи.</p>	7
ДРН–02 ДРН–03	<p style="text-align: center;">Практична робота №2</p> <p>Тема: Визначення архітектурних принципів паралелізму.</p> <p><u>Мета роботи:</u> Здобути навички визначення архітектурних принципів паралелізму.</p> <p><u>Завдання:</u> Визначити архітектурні принципи паралелізму по темі дисертаційної роботи.</p>	7
ДРН–01 ДРН–02	<p style="text-align: center;">Практична робота №3</p> <p>Тема: Визначення особливостей взаємодії в багатопоточних програмах.</p> <p><u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички визначення особливостей взаємодії в багатопоточних програмах.</p> <p><u>Завдання:</u> Визначити особливості взаємодії в багатопоточних програмах по темі дисертаційної роботи.</p>	7
	<p style="text-align: center;">Практична робота №4</p> <p>Тема: Типові прийоми розпаралелювання алгоритмів прикладних задач.</p>	7

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
	<u>Мета роботи:</u> Здобути навички програмної розробки типових прийомів розпаралелювання алгоритмів. <u>Завдання:</u> Реалізувати типові прийоми розпаралелювання алгоритмів для задач дисертаційної роботи.	
ДРН–01 ДРН–02	Практична робота №5 Тема: Вплив топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів для прикладних задач. <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та отримати навички практичного визначення впливу топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів. <u>Завдання:</u> Вивчити вплив топології комунікаційного середовища паралельних алгоритмів для задач дисертаційної роботи.	6
ДРН–01 ДРН–02	Практична робота №6 Тема: Побудова паралельних алгоритмів прикладних задач на основі інтерфейсу програмування MPI. <u>Мета роботи:</u> Ознайомитися та набути навички побудови паралельних алгоритмів на основі інтерфейсу програмування MPI. <u>Завдання:</u> Побудувати та реалізувати паралельний алгоритм на основі інтерфейсу програмування MPI для задач дисертаційної роботи.	6
ЗАГАЛЬНА КІЛЬКІСТЬ		120

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Технічні засоби навчання: мультимедійні та комп'ютерні пристрої.
Засоби дистанційної освіти: Moodle, MS Teams.

Пакети прикладних програм: MS Office, StatGraphics (навчальна безкоштовна версія), MathCad (навчальна безкоштовна версія). Інтерпритатор мови Python.

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 8-го кваліфікаційного рівня НРК.

6.2. Здобувачі освітньо-наукового рівня PhD можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни **на підставі поточного оцінювання знань** за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та виконання і захисту практичних робіт складатиме не менше 60 балів.

Теоретична частина оцінюється за результатами здачі 3 тестових контрольних робіт, кожна з яких містить тестові запитання різного рівня складності (розподіл у відсотках за окремими контрольними роботами див. в таблиці розділу 4). Загалом за 3 контрольні тестові роботи отримується **максимум 36 балів**, тобто 36 % від загальної оцінки за дисципліну.

Практичні роботи (8 робіт – у вигляді індивідуального завдання з кожної, розподіл у відсотках див. в таблиці розділу 4) звіт з кожної роботи формується в письмовому вигляді, загалом 8 практичних робіт враховуються як 64 % (максимум 64 бали). При несвоєчасному здаванні практичної роботи оцінка знижується вдвічі. У сумі за практичну частину курсу при поточному оцінюванні отримується **максимум 64 бали**.

Отримані бали за теоретичну частину та практичні роботи додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни. Максимально за поточною успішністю здобувач вищої освіти може набрати 100 балів.

Максимальне оцінювання поточного контролю в балах:

Теоретична частина	Практична частина	Разом
36	64	100

6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи. У випадку, якщо здобувач освітньо-наукового рівня PhD за поточною успішністю отримав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку проводиться **підсумкове оцінювання (диференційований залік)** під час сесії.

Диференційований залік проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи, яка включає запитання з теоретичної та практичної частини курсу. Білет складається з **20 тестових завдань** з чотирма варіантами відповідей, одна правильна відповідь оцінюється в 3 бали (**разом 60 балів**) та **4 тестових завдань** з практичної частини, кожне з запитань оцінюється максимум у 10 балів (**разом 40 балів**), причому:

- 10 балів – відповідність еталону;
- 8 балів – відповідність еталону з незначними помилками;
- 5 балів – часткова відповідність еталону, питання розкриті не в повній мірі;
- 2 бали – невідповідність еталону, але відповідність темі запитання;
- 1 бал – фрагментарні результати у відповідності до теми запитання;
- 0 балів – відповідь не наведена або не відноситься до теми запитання.

Отримані бали за відкриті та закриті тести додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни. Максимально за підсумковою роботою здобувач вищої освіти може набрати 100 балів.

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка" (<https://bit.ly/3ExtVKY>).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика. Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану корпоративну університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання. Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання підсумкового оцінювання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4. Політика щодо оскарження оцінювання. Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять. Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

7.6. Опитування. Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача вищої освіти буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Методи та засоби побудови систем Industry 4.0».

8. Рекомендовані джерела інформації

Базова:

1. Основи теорії надійності програмних систем. Навчальний посібник. / Яковина В. С., Сенів М. М. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020. 248 с.

2. Моделі, методи та засоби аналізу надійності програмних систем: монографія / В.С. Яковина, Д.В. Федасюк, М.М. Сенів, О.О. Нитребич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.-220с.

3. Marvin Rausand, Anne Barros, Arnljot Hoyland. System reliability theory: models, statistical methods and applications. Wiley, 3rd edition, 2020. 864 p.

4. Ilija Vonta, Mangey Ram. Reliability Engineering: theory and applications (Advanced research in reliability and system assurance engineering). CRC Press, 1st edition, 2018, 228 p.
5. Ramesh Gulati. Maintenance and Reliability Best Practices. Industrial Press, 3rd edition, 2020. 768 p.
6. Aman Ullah. Software Reliability in Safety Critical Systems. OmniScriptum Publishing KS. 2016. – 60 p.
7. Nikolay Pavlov, Anton Iliev, Asen Rahnev and Nikolay Kyurkchiev. Some Software Reliability Models. OmniScriptum Publishing KS. 2018. – 124 p.
8. B.S. Dhillon. Engineering Systems Reliability, Safety and Maintenance^ An Integrated Approach. CRC Press, 1st edition. 2019. 298 p.
9. Hoang Pham. Statistical reliability engineering: methods, models and applications. Springer, 1st. edition, 2021. 517 p.
7. Поджаренко В.О., Васілевський О.М., Кучерук В.Ю. Опрацювання результатів вимірювань на основі концепції невизначеності: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2008. 128 с.
8. Trobec R., Slivnik B., Bulic P., Robic B. Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms // Springer, 2018. – 268 p.
9. Kurgalin S., Borzunov S. A Practical Approach to High-Performance Computing// Springer, 2019. - 206 p.
10. Adamatzky A., Akl S., Sirakoulis G. From Parallel to Emergent Computing // CRC Press, 2019. - 628 p.
11. Lorenzon A., Filho A. Parallel Computing Hits the Power Wall: Principles, Challenges, and a Survey of Solutions // SpringerBriefs in Computer Science, 2019 - 88 p.
12. Czarnul P. Parallel Programming for Modern High Performance Computing Systems// CRC Press, 2018. - 304 p.

Додаткова:

1. Shvachych G., Poboehii I., Khokhlova T., Kholod A., Moroz D. Multiprocessor Computing based Parallel Structures of Mathematical Models of Tridiagonal Systems. 5th International Conference on Inventive Computation Technologies. 2020. P. 1031–1035.
2. Shvachych G., Moroz B., Martynenko A., Hulina I., Busygin V., Moroz D. Model of Speed Spheroidization of Metals and Alloys Based on Multiprocessor Computing Complexes. Machine Learning for Predictive Analysis. Networks and Systems. Springer. 2020. P. 33–41.
3. Moroz. D. Research of the influence of a network interface on the efficiency of modular multiprocessor systems. Fundamental and applied research in the modern world : Abstracts of VIII International Scientific and Practical Conference. Boston, USA. 2021. P. 162–171.
4. Shvachych G., Poboehij I., Sazonova M., Bilyi O., Moroz D. Intelligent decision support system. International Academy Journal Web of Scholar. 2021. № 2 (52). P. 1–9.
5. Shvachych G., Vozna N., Ivashchenko O., Bilyi O., Moroz D. Method of lines in distributed problems of experimental data processing.

International Academy Journal Web of Scholar. 2021. № 2(52). P. 1–7. Режим доступу: <https://rsglobal.pl/index.php/wos/article/view/1951/1759>

6. Shvachych G., Vozna N., Ivashchenko O., Bilyi O., Moroz D. Efficient algorithms for parallelizing tridiagonal systems of equations. System technologies. Dnipro. 2021. № 5 (136). P. 110–119 .