



СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ПАРАЛЕЛЬНІ ТА РОЗПОДІЛЕНІ ОБЧИСЛЕННЯ

ID 673

Шифр, назва спеціальності та освітній рівень	123 Комп'ютерна інженерія (бакалавр)	Назва освітньої програми	Комп'ютерна інженерія (2024)
Тип програми	Освітньо-професійна	Мова викладання	Українська
Факультет	Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії (ФІС)	Кафедра	Каф. комп'ютерних систем та мереж (КС)

Викладач/викладачі

Луцків Андрій Мирославович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж, [профіль на порталі "Науковці ТНТУ"](#)

Загальна інформація про дисципліну

Мета курсу	Метою викладання дисципліни є формування знань у студентів з теорії обчислювальних систем, комплексів та мереж, методів паралельної обробки даних та мов програмування, які підтримують паралельне програмування, формування навичок і умінь розробки, відлагодження та супроводу паралельних та розподілених програм для їх роботи в паралельних та розподілених, зокрема, високопродуктивних комп'ютерних системах. Дисципліна “Паралельні та розподілені обчислення” передбачає вивчення спеціалізованих засобів розробки паралельних та розподілених програм на мовах C/C++ (JAVA) з використанням технологій багатопотокового, паралельного та розподіленого програмування MPI, OpenMP, CUDA, OpenCL, а також PosixThreads. Курс дисципліни включає аудиторні заняття під керівництвом викладача, лабораторні заняття, а також самостійну роботу, що забезпечує вивчення і закріплення теоретичних основ, сприяє набуттю практичних навичок, забезпечує розвиток самостійного мислення студентів.
Формат курсу	Змішаний. Дисципліна передбачає проведення лекційних, лабораторних занять, консультацій.
Компетентності ОП	Вивчення навчальної дисципліни покликане набути студентами інтегральної компетентності, а саме, здатністю розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов. А також передбачає формування та розвиток у студентів загальних компетентностей (ЗК) та спеціальних (фахових) компетентностей (ФК) згідно освітньої програми. Загальні: ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми Спеціальні (фахові): 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 ФК7. 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 ФК12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання 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 ФК16. Здатність застосовувати підходи та принципи проектування програмного забезпечення високопродуктивних та розподілених комп'ютерних систем, зокрема, хмарних сервісів, а також здійснювати їх супровід з урахуванням DevOps-практик

Програмні результати навчання з ОП	Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування у студента таких програмних результатів навчання (ПРН) згідно освітньої програми: ПРН1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії 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 ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності 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 ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення ПРН22. Вміти розробляти програмне забезпечення для паралельних високопродуктивних обчислювальних систем, а також здійснювати супровід таких систем з урахуванням принципів DevOps
Обсяг курсу	Очна (денна) форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 5; лекції — 32 год.; лабораторні заняття — 32 год.; самостійна робота — 86 год.; Заочна форма здобуття освіти: Кількість кредитів ECTS — 5; лекції — 10 год.; лабораторні заняття — 8 год.; самостійна робота — 88 год.;
Ознаки курсу	Рік навчання — 3; семестр — 5; Обов'язкова (для здобувачів інших ОП може бути вибірковою) дисципліна; кількість модулів — 2;
Форма контролю	Поточний контроль: Захист звітів щодо виконання лабораторних робіт, тестування в системі електронного навчання Atutor Підсумковий контроль: екзамен
Компетентності та дисципліни, що є передумовою для вивчення	Передумовою для вивчення дисципліни є набуті студентами компетентності з організації баз даних, програмування, алгоритмів та методів обчислень, іноземної мови професійного спрямування

Матеріально-технічне та/
або інформаційне
забезпечення

Проведення лабораторних занять з дисципліни передбачено у лабораторії комп'ютерних мережевих систем, корпус 1, ауд. 601. Дана лабораторія оснащена 10-ма комп'ютерами-моноблоками Artline Home G43 (G43v27) Intel I5-12400/2,5GHz/8Gb/SSD M.2 256 Gb/ IPS FullHD 23,8 з операційною системою Ubuntu Linux 22 LTS. При виконанні лабораторних робіт використовується відкрите або безкоштовне програмне забезпечення: середовища розробки програмних компонентів Eclipse, IntelliJ Idea Community Edition, дистрибутиви Ubuntu/Debian і репозитарій пакетів відкритого та умовно безкоштовного ПЗ.

Моноблок Artline Home G43 (G43v27) Intel I5-12400/2,5GHz/8Gb/SSD M.2 256 Gb/ IPS FullHD 23,8, ОС Ubuntu 22.04 LTS з встановленим офісним та спеціалізованим відкритим та безкоштовним програмним забезпеченням.

Навчальний набір GrowPi Raspberry Pi від Elecrow 2 шт.

Навчальний набір Raspberry Pi 3B 4 шт.

СТРУКТУРА КУРСУ

Лекційний курс

Годин
ОФЗО ЗФО

Тема 1. Огляд предметної області паралельних та розподілених обчислень

1.1. Приклади ресурсоемних обчислювальних задач. 1.2. Задачі опрацювання надвеликих обсягів даних (Data Mining, інженерія великих даних).

1.3. Поняття обчислювальної складності та оптимізація виконання ресурсоемних обчислювальних задач.

1.4. Векторні комп'ютери та паралельні комп'ютери.

1.5. Основні поняття паралелізму і векторизації.

2 0,5

Тема 2. Розпаралелення обчислювальних задач

2.1. Види декомпозиції обчислювальних задач.

2.2. Закони Амдала і Густавсона-Барсіса.

2.3. Типові способи оптимізації виконання програмного коду на апаратному забезпеченні.

2 0,5

Тема 3. Архітектури високопродуктивних обчислювальних систем та їх енергоефективність

3.1. Класифікації обчислювальних систем.

3.2. Енергоефективність високопродуктивних обчислювальних систем

3.3. Комунікаційні технології та топології високопродуктивних систем.

3.4. Організація спільного доступу до пам'яті у ПРКС.

3.5. Системи зберігання даних для організації високопродуктивних обчислень.

2 0,5

Тема 4. Системне ПЗ паралельних та розподілених систем і принципи його роботи

4.1. Основні поняття та моделі паралельного та розподіленого програмування.

4.2. Поняття потоку (Thread) і процесу (Process) й особливості їх виконання.

4.3. Забезпечення міжпроцесної взаємодії IPC (Interprocess Communication).

4.4. Розподіл пам'яті між процесами.

2 0,5

Тема 5. Створення багатопотокових програм

5.1. Механізми створення, планування, завершення потоків.

5.2. Контекстне перемикавання (Context Switching) та його вартість.

5.3. Проблеми конкурентного доступу до спільних даних (гонка даних, Deadlock, Livelock, Starvation) та забезпечення синхронізації: Mutex, Semaphore, Monitor, Barrier. Задача філософів, що обідають.

5.4. Критичні секції та взаємне виключення.

2 0,5

Тема 6. Засоби створення розподіленого ПЗ.

6.1. З'єднання на основі сокетів.

6.2. Технологія віддаленого виклику процедур.

2 0,5

- 6.3. Реалізація технології RPC на мові C в UNIX.
6.4. Технології JAVA RMI, gRPC, CORBA, XML-RPC, SOAP та інші XML-базовані.

Тема 7. Основні конструкції технології OpenMP

- 7.1. Основні принципи технології OpenMP.
7.2. Властивості середовища виконання OpenMP.
7.3. Бібліотечні функції OpenMP.
7.4. Директиви препроцесора #pragma.

2 0,5

Тема 8. Особливості технології OpenMP

- 8.1. Створення паралельних ділянок.
8.2. Розподіл роботи.
8.3. Синхронізація роботи потоків. Опис та розподіл даних.

2 0,5

Тема 9. Засоби створення розподіленого ПЗ призначення на основі обміну повідомленнями

- 9.1. Технології MPI, PVM, р4 та взаємодія у мікросервісах на основі черг повідомлень.
9.2. Основні принципи MPI.
9.3. Структура MPI-програми.
9.4. Точкові операції.

2 0,5

Тема 10. Колективна взаємодія процесів MPI

- 10.1. Групи і комунікатори.
10.2. Віртуальні топології.
10.3. Пересилання різнотипних даних.

2 0,5

Тема 11. Огляд технологій GPGPU

- 11.1. Архітектурні особливості систем на базі GPGPU та енергоефективність.
11.2. Огляд технологій програмування графічних процесорів Nvidia CUDA, AMD APP SDK, OpenMP, OpenACC та OpenCL.
11.3. Огляд бібліотек на базі технологій GPGPU

2 0,5

Тема 12. Технології Nvidia CUDA та OpenACC

- 12.1. Основні принципи та термінологія Nvidia CUDA
12.2. Засоби створення ПЗ у рамках технології CUDA та їх застосуванням
12.3. Основні принципи технології OpenACC

2 0,5

Тема 13. Основні конструкції та принципи роботи OpenCL.

- 13.1. Приклад простої програми з використанням OpenCL.
13.2. Типи паралелізму в OpenCL.
13.3. Керування порядком виконання завдань.

2 1

Тема 14. Модель пам'яті OpenCL та керування потоками.

- 14.1. Модель пам'яті OpenCL.
14.2. Ідентифікатори потоків (OpenCL-ядер).

2 1

- 14.3. Типи даних в OpenCL.
- 14.4. Розширення та макроси мови OpenCL.
- 14.5. Бібліотечні функції OpenCL. Операції порівняння.

Тема 15. Моделі консистентності пам'яті

15.1. Принципи створення розподілених системами	2	1
15.2. Типи консистентності пам'яті		
15.3. CAP-теорема		

Тема 16. Побудова систем опрацювання великих даних, машинного навчання та нейронних мереж

16.1. Модель MapReduce у Hadoop.		
16.2. Spark для розподіленої обробки великих даних.	2	1
16.3. Архітектурні патерни для роботи з великими обсягами інформації.		
16.4. Застосування GPU та TPU для задач машинного навчання та нейронних мереж. Паралельне навчання нейронних мереж.		

РАЗОМ: 32 10

Лабораторний практикум (теми)	Годин	
	ОФЗО	ЗФО
Лабораторна робота №1. Створення прототипу паралельної та розподіленої комп'ютерної системи на основі Raspberry PI	2	1
Лабораторна робота №2. Знайомство з засобами створення паралельного ПЗ на основі потоків та процесів	4	1
Лабораторна робота №3. Знайомство з засобами створення паралельного ПЗ на основі сокетів	4	1
Лабораторна робота №4. Знайомство з засобами створення паралельного ПЗ на основі технологій виклику віддалених процедур	6	1
Лабораторна робота №5. Знайомство з засобами створення паралельного ПЗ комп'ютерних систем зі спільною пам'яттю на основі OpenMP	4	1
Лабораторна робота №6. Знайомство з засобами створення паралельного ПЗ комп'ютерних систем з розподіленою пам'яттю на основі MPI	6	1
Лабораторна робота №7. Знайомство зі створенням програм з використанням GPGPU	6	2
	РАЗОМ: 32	8

ІНШІ ВИДИ РОБІТ

Теми, короткий зміст

1. Опрацювання лекційного матеріалу

2. Підготовка до лабораторних робіт

3. Підготовка та складання тестування:

- модуль №1

- модуль №2

4. Підготовка та складання екзамену

Теми для самостійного опрацювання:

Аналіз параметрів комп'ютерних систем зі списку TOP500: програмне та апаратне забезпечення

Засоби відлагодження паралельних програм

Реалізації моделей паралельного та розподіленого програмування в спеціалізованих комп'ютерних системах

Платформа Raspberry PI: особливості, апаратного та програмного забезпечення

Архітектура Apache Spark

Робота з бібліотеками BLAS, ATLAS, LAPACK, Intel MKL

Інформаційні джерела для вивчення курсу

Базова:

1. Луцків А.М., Лупенко С.А., Пасічник В.В.. Паралельні та розподілені обчислення. - Львів: “Магнолія 2006”, 2024. - 566.
2. Коцовський В. М. Теорія паралельних обчислень: навчальний посібник. Ужгород: ПП «АУТДОР-Шарк», 2021. 188 с.
3. Минайленко Р.М. Паралельні та розподілені обчислення: навч. посіб. — Кропивницький: Видавець Лисенко В. Ф., 2021. — 153 с.
4. Корочкін О.В., Русанова О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Вибрані розділи: Навч. посібник. [Електронний ресурс] / О.В. Корочкін, Русанова О.В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 123 с

Допоміжна

1. Глибовець М.М. Основи комп'ютерних алгоритмів.-К.: Вид.дім "КМ Академія", 2003.-452с.
2. Sedgewick R. Algorithms, 4th Edition / R. Sedgewick, K. Wayne// Addison-Wesley Professional. Boston, 2011. - 992 p.
3. Шпак З.Я. Програмування мовою C. - Львів: Оріяна-Нова, 2006. - 432с.
4. Мельник А. О., Мельник, В. А. Персональні суперкомп'ютери: архітектура, проектування, застосування. Монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. 516 с.
5. Чураков А.Я. Архітектура EOM / Чураков А.Я., Шаров С.В., Строкань О.В. / [за ред. Шарова С.В.]. – Мелітополь: РВЦ МДПУ, 2012. – 195 с.
6. Lutskiv A., Popovych N. Big Data Approach to Developing Adaptable Corpus Tools. Computational Linguistics and Intelligent Systems. CEUR Workshop Proceedings. 4th Int. Conf. COLINS 2020. Lviv, Ukraine, April 23-24, 2020. P. 374-395.
7. Lutskiv A., Popovych N. Big data-based approach to automated linguistic analysis effectiveness. IEEE Third International Conference on Data Stream Mining & Processing. August 21- 25, 2020, Lviv, Ukraine. 2020. P. 438-443.

Інформаційні ресурси

6. CUDA for ARM Platforms is Now Available. NVIDIA Developer Zone. URL: <https://developer.nvidia.com/content/cuda-arm-platforms-now-available>
7. Amazon Web Services HPC Applications URL: <http://aws.amazon.com/hpc-applications/>
8. Myricom — Extreme performance Ethernet URL: <http://www.myri.com/>
9. The InfiniBand Architecture Specification Download URL: http://www.infinibandta.org/content/pages.php?pg=technology_download
10. SLURM Quick Start User Guide URL: <https://computing.llnl.gov/linux/slurm/quickstart.html>
11. Ganglia Monitoring System URL: <http://ganglia.sourceforge.net/>
12. Intel Math Kernel Library. // Intel Developer Zone URL: <http://software.intel.com/en-us/articles/intel-math-kernel-library-linpack-download>
13. CUDA Zone . URL: http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html.
14. Intel Parallel Studio URL: <http://software.intel.com/ru-ru/intel-parallel-studio-xe>
15. Eclipse Parallel Tools Platform (PTP) URL: <http://www.eclipse.org/ptp/>
16. Petron E. Remote Procedure Calls/ Ed Petron // URL: <http://www.linuxjournal.com/article/2204>
17. Chauhan D. Introduction to RPC on Windows: Part I / Digvijay Chauhan // URL: <http://www.aspfree.com/c/a/.NET/Introduction-to-RPC-on-Windows-Part-I/>
18. Chauhan D. Introduction to RPC on Windows: Part II / Digvijay Chauhan // URL: <http://www.aspfree.com/c/a/.NET/Introduction-to-RPC-on-Windows-Part-II/>
19. XML-RPC for C and C++. A lightweight RPC library based on XML and HTTP URL: <http://xmlrpc-c.sourceforge.net/>
20. Barney B. Message Passing Interface (MPI) / Blaise Barney// Lawrence Livermore National Laboratory URL: <https://computing.llnl.gov/tutorials/mpi/>
21. OpenMP 4.0 Complete Specifications URL: <http://openmp.org/wp/openmp-specifications/>
22. The OpenMP API specification for parallel programming, , <http://openmp.org/wp/openmp-specifications/>
23. CUDA Documents URL: <http://docs.nvidia.com/cuda/index.html>
24. CUDA C Programming Guide URL: <http://docs.nvidia.com/cuda/cuda-c-programming-guide/index.html>

25. Електронний навчальний курс з дисципліни «Паралельні та розподілені обчислення» для студентів спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» URL: <https://dl.tntu.edu.ua/bounce.php?course=673>.

Політики курсу

Політика контролю	Використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання: поточне опитування; тестування; виконання індивідуальних завдань та презентацій; оцінювання результатів виконаних самостійних робіт; бесіди та обговорення проблемних питань; дискусії; індивідуальні консультації; екзамен. Можливий ректорський контроль.
Політика щодо консультування	Консультації при вивченні дисципліни проводяться згідно затвердженого графіку на кафедрі КС. Консультування передбачено як очно, так і з використанням ресурсів електронного навчального курсу у середовищі електронного навчання університету.
Політика щодо перескладання	Студент має право на повторне складання модульного контролю з метою підвищення рейтингу протягом тижня після складання модульного контролю за графіком. Перескладання екзамену відбувається в терміни, визначені графіком освітнього процесу. Здобувач ВО має право на зарахування результатів навчання здобутих у неформальній чи інформальній освіті.
Політика щодо академічної доброчесності	При складанні усіх видів контролю у середовищі електронного навчання завжди активується система розпізнавання особи, що складає контроль. Усі лабораторні роботи у ЕНК перевіряються вбудованою системою Антиплагіат. При складанні усіх форм контролю забороняється списування, у тому числі з використанням сучасних інформаційних технологій.
Політика щодо відвідування	Відвідування занять є обов'язковим компонентом освітнього процесу. За наявності поважних причин (наприклад, хвороба, особливі потреби, відрядження, сімейні обставини, участь у програмах академічної мобільності тощо) навчання може здійснюватися за індивідуальним графіком, погодженим з деканом факультету.

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ

Розподіл балів, які отримують студенти за курс

Модуль 1			Модуль 2			Підсумковий контроль		Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота			Теоретичний курс	Практичне завдання	100
Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота		Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота				
20	20		20	15		15	10	
№ лекції	Види робіт	К-ть балів	№ лекції	Види робіт	К-ть балів			
Тема 1	Лабораторна робота №1	5	Тема 9	Лабораторна робота №5	5			
Тема 2	Лабораторна робота №2	5	Тема 10					
Тема 3	Лабораторна робота №3	5	Тема 11	Лабораторна робота №6	5			
Тема 4			Тема 12					
Тема 5			Тема 13					
Тема 6	Лабораторна робота №4	5	Тема 14	Лабораторна робота №7	5			
Тема 7			Тема 15					
Тема 8			Тема 16					

Розподіл оцінок

Сума балів за навчальну діяльність	Шкала ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
82-89	B	Добре
75-81	C	Добре
67-74	D	Задовільно
60-66	E	Задовільно
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	Незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

Затверджено рішенням кафедри КС, протокол №2 від «27» серпня 2024 року.
ПОГОДЖЕНО
Гарант освітньої програми канд. техн. наук, старший викладач кафедри КС
Андрій ПАЛАМАР