

Сумський державний педагогічний університет імені А.С.Макаренка

Фізико-математичний факультет

Кафедра інформатики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан фізико-математичного
факультету

Каленик М.В.

« 30 » серпня 2022 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕХНОЛОГІЇ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ
ТА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

Перший (бакалаврський) рівень

галузь знань **12 Інформаційні технології**

спеціальність **122 Комп'ютерні науки**

освітньо-професійна програма **Комп'ютерні науки**

мова навчання **українська**

Погоджено

науково-методичною комісією
фізико-математичного факультету

« 30 » серпня 2022 р.

Голова Одінцова О.О., к. ф-м. н. доц.

Суми – 2022

Розробники:

Мулеса Павло Павлович, кандидат технічних наук, доцент.

Робоча програма розглянута і схвалена на засіданні кафедри інформатики

Протокол № 1 від «30» серпня 2022 р.

Завідувач кафедри

Семеніхіна О.В., доктор педагогічних наук, професор



Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 4	Бакалавр	Обов'язкова
		Рік підготовки:
3-й		
Семестр		
6-й		
Лекції		
22 год.		
Практичні, семінарські		
Лабораторні		
18 год.		
Самостійна робота		
78 год.		
Консультації:		
2 год.		
Загальна кількість годин – 120		Вид контролю: екзамен

1. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є надання теоретичних та практичних знань з побудови складних високопродуктивних паралельних та розподілених систем обробки даних.

2. Передумови для вивчення дисципліни

Курс вищої математики з комп'ютерною підтримкою, комп'ютерної статистики, програмування.

3. Результати навчання за дисципліною

Результати навчання за дисципліною узгоджуються з вимогами Стандарту спеціальності 122 і впливають на розвиток:

ІК Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК6. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК11. Здатність приймати обґрунтовані рішення.

СК1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

СК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.

СК8. Здатність проектувати та розробляти програмне забезпечення із застосуванням різних парадигм програмування: узагальненого, об'єктно-орієнтованого, функціонального, логічного, з відповідними моделями, методами й алгоритмами обчислень, структурами даних і механізмами управління.

СК9. Здатність реалізувати багаторівневу обчислювальну модель на основі архітектури клієнт-сервер, включаючи бази даних, знань і сховища даних, виконувати розподілену обробку великих наборів даних на кластерах стандартних серверів для забезпечення обчислювальних потреб користувачів, у тому числі на хмарних сервісах.

СК12. Здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення.

СК14. Здатність застосовувати методи та засоби забезпечення інформаційної безпеки, розробляти й експлуатувати спеціальне програмне забезпечення захисту інформаційних ресурсів об'єктів критичної інформаційної інфраструктури.

СК16. Здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації.

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій.

ПР6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

ПР7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.

ПР8. Використовувати методологію системного аналізу об'єктів, процесів і систем для задач аналізу, прогнозування, управління та проектування динамічних процесів в макроекономічних, технічних, технологічних і фінансових об'єктах.

ПР9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

ПР10. Використовувати інструментальні засоби розробки клієнт-серверних застосувань, проектувати концептуальні, логічні та фізичні моделі баз даних, розробляти та оптимізувати запити до них, створювати розподілені бази даних, сховища та вітрини даних, бази знань, у тому числі на хмарних сервісах, із застосуванням мов веб-програмування.

ПР12. Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining.

ПР 16. Розуміти концепцію інформаційної безпеки, принципи безпечного проектування програмного забезпечення, забезпечувати безпеку комп'ютерних мереж в умовах неповноти та невизначеності вихідних даних.

ПР 17. Виконувати паралельні та розподілені обчислення, застосовувати чисельні методи та алгоритми для паралельних структур, мови паралельного програмування при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

4. Критерії оцінювання результатів навчання

Викладання курсу ґрунтується на принципах академічної доброчесності, що передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного і підсумкового контролю результатів навчання; посилення на джерела інформації у разі використання ідей, тверджень, відомостей; дотримання норм законодавства про авторське право.

К-сть балів	Критерії оцінювання навчальних досягнень студента
90–100	Студент у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, вільно самостійно та аргументовано користується теоретичними знаннями та отриманим практичним досвідом під час усних виступів; застосовує набуті знання при виконанні лабораторних завдань, може пояснити хід розв'язання задачі, аргументувати його ефективність; демонструє результати виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою
82–89	Студент володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, здатний теоретично обґрунтовувати обрані шляхи розв'язання завдань, успішно виконує лабораторні роботи з використанням спеціалізованих джерел; при викладенні окремих питань допускає несуттєві неточності та\або незначні помилки; демонструє результати виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою.
74–81	Студент в цілому володіє навчальним матеріалом, викладає його основний зміст під час усних виступів та письмових відповідей, але без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, здатний критично оцінювати джерела, проте у відповідях припускається помилок, які після вказівки здатний усунути; демонструє результати виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою.
64–73	Студент володіє матеріалом лекцій, але не може навести власних прикладів, не може пояснити процес виконання лабораторної роботи, аргументувати алгоритм вирішення завдань; ситуативно здатний розв'язувати поставлені завдання, успішно виконує завдання за зразком, проте без аргументації та обґрунтування відповідає на запитання, недостатньо володіє теоретичними основами теми; лабораторні роботи виконує з суттєвими неточностями та\ або помилками; лабораторних робіт виконує та захищає понад 66%.
60–63	Ситуативно володіє матеріалом лекцій, але не виявляє бажання розширювати чи поглиблювати власні знання; орієнтується в основних поняттях, але відчуває труднощі у наведенні прикладів, аргументації положень, поясненні процесів та функціоналу програмних засобів; ситуативно здатний до критичного аналізу та пошуку потрібних джерел; демонструє результати виконання не менше половини від всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою.
35–59	Студент не володіє теоретичним матеріалом. Виконання практичних завдань викликають значні труднощі; неправильно вибирає відповідний програмний засіб для опрацювання даних; демонструє результати виконання менше половини від всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою.
1–34	Студент не володіє теоретичним матеріалом з дисципліни. Допускає принципові помилки, не може пояснити алгоритм розв'язування типових практичних завдань.

Розподіл балів

Поточний контроль							Разом	Екзамен	Сума
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	75	25	100
Поточний контроль									
25			10	15	15	10			

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
		для екзамену, заліку, курсового проекту (роботи), практики
90 – 100	A	відмінно
82 - 89	B	добре
74 - 81	C	
64 - 73	D	задовільно
60 - 63	E	
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
1 - 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

5. Засоби діагностики результатів навчання

Захист лабораторних робіт, опитування, тести, екзамен.

6. Програма навчальної дисципліни

6.1. Інформаційний зміст

Модуль 1. Основи паралельних обчислень: характеристика та застосування

Тема 1. Цілі та задачі паралельних обчислень. Проблеми використання паралелізму.

Обмеження максимальної продуктивності однопроцесорних ПК. Постійна необхідність розв'язку задач, які перевищують можливості сучасних ПК (проблеми «великого виклику»). Необхідність колективного режиму розв'язку задач. Автоматизація управління розподілених технічних систем. Технічні вимоги по зниженню вартості та збільшенню надійності. Відмінність багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень. Існування послідовних алгоритмів (закон Амдаля). Збільшення продуктивності послідовних комп'ютерів (закон Мура). Втрати на взаємодію та передачу даних (гіпотеза Мінського). Висока вартість паралельних систем (закон Гроша). «Послідовність» існуючих алгоритмів і програмного забезпечення. Складність розробки паралельних алгоритмів. Трудомісткість перевірки правильності паралельних програм.

Тема 2. Класифікація багатопроцесорних обчислювальних систем. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень.

Класифікація Фліна. Потіки даних і команд. Класифікація Шора. Структурна нотація Хокні та Джесхоупа. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень: багатопроцесорні системи (з спільною та розподіленою пам'яттю, симетричні мультипроцесори SMP, масивно-паралельні комп'ютерні системи MPP), багатоядерні системи, кластерні системи, grid-системи, багатоядерні графічні процесори. Приклади сучасних високопродуктивних обчислювальних систем. Суперкомп'ютерні обчислювальні системи в Україні та світі.

Тема 3. Оцінка ефективності паралельних обчислень. Загальні принципи побудови паралельних алгоритмів і програм. Показники ефекту розпаралелення (прискорення, продуктивність, ефективність). Способи оцінки показників. Максимальна (пікова) продуктивність. Залежність ефективності паралельних обчислень від особливостей апаратури (архітектура, кількість процесорів, топологія каналів передачі даних). Розпаралелення обчислень на рівні команд, виразів, програмних модулів, задач. Вибір паралельного алгоритму. Реалізація алгоритму в виді паралельної програми. Декомпозиція алгоритму на блоки, що виконуються паралельно. Розподіл задач по процесорах і балансування. Організація взаємодії. Поняття процесу. Синхронізація паралельних процесів: семафори, м'ютекси, події, бар'єри. Концепція ресурсу. Взаємовиключення паралельних процесів: алгоритм Деккера, семафори Дейкстра, монітори Вірта. Взаємодія паралельних процесів. Передача повідомлень: черги, поштові ящики, порти. Проблеми взаємодії процесів. Поняття тупика та умови його виникнення. Запобігання тупиків. Виявлення тупиків і відновлення стану процесів. Багатозадачний режим роботи ПК як окремий випадок паралельної обробки.

Модуль 2. Програмні засоби для реалізації паралельних обчислень

Тема 4. Програмні засоби розробки паралельних програм. Мови паралельного програмування. Використання спеціалізованих мов паралельного програмування (Оссам). Застосування паралельних розширень існуючих алгоритмічних мов (HPF). Побудова паралельного програмного забезпечення на основі існуючих послідовних програм з використанням засобів предкомпіляції (технологія OpenMP). Використання технологічних (інструментальних) бібліотек паралельного програмування (бібліотеки MPI і PVM). Мови паралельного програмування на основі розділеного глобальноадресного простору (UPC, CAF, Chapel, X10). Технологія DVM і мова програмування T++. Технології розробки паралельних програм для графічних процесорів (CUDA, OpenCL). Організація паралельних обчислень в математичних пакетах (на прикладі MatLab). Загальна характеристика проблеми тестування і відлагодження паралельних програм.

Тема 5. Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю. Загальна характеристика стандарту OpenMP. Створення паралельних областей. Розподіл обчислювального навантаження між потоками. Робота з даними. Синхронізація. Функції та змінні оточення. Загальна характеристика середовища виконання.

Тема 6. Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI. Система MPI. Загальна характеристика. Підтримка моделі взаємодії паралельних обчислень за допомогою передачі повідомлень. Управління даними. Управління процесами. Загальна характеристика середовища виконання. Основні програмні примітиви системи MPI. Приклад використання.

Тема 7. Технологія розробки паралельних програм для процесорів нових архітектур. Можливі переваги обчислень на графічному процесорі. Засоби розробки для графічного процесора. Використання технології CUDA для обчислень на графічних процесорах. Модель програмування. Модель виконання та ієрархія потоків. Ієрархія пам'яті. Інтерфейс програмування CUDA. Специфікатори типів змінних і функцій. Вбудовані змінні. Конфігурування виконання ядер. Синхронізація. Управління пам'яттю. Загальні принципи обчислень на базі технології CUDA. Використання OpenCL для обчислень на графічних процесорах.

6.2. Структура та обсяг навчальної дисципліни

Розділи і теми	Кількість годин					
	Усього	у тому числі				
		Лекції	Практ.	Лаборат.	Конс.	Сам.роб.
Змістовний модуль 1.						
Тема 1.	12	2				10
Тема 2.	12	2				10
Тема 3.	14	2		2		10
Змістовний модуль 2.						
Тема 4.	18	4		4		10
Тема 5.	18	4		4		10
Тема 6.	20	4		4	2	10
Тема 7.	26	4		4		18
	120	22		18	2	78

Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Організація багатозадачності в середовищі ОС Windows за допомогою процесів і потоків.	2
2.	Синхронізація потоків у середовищі ОС Windows.	2
3.	Використання хмарних технологій для обчислень	2
4.	Загальні і приватні змінні в OpenMP. Розпаралелювання циклів у OpenMP Паралельні секції та гонка потоків у OpenMP	2
5.	Ознайомлення з бібліотеками паралельного програмування MPI	2
6.	Асинхронні та синхронні процедури передачі MPI повідомлень між паралельними обчислювальними процесами	4
7.	Дослідження механізмів колективної взаємодії. Реалізація механізмів блокувань та бар'єрів між паралельними процесами.	4
	Разом	18

8. Рекомендовані джерела інформації

Основні:

1. Adamatzky A., Akl S., Sirakoulis G. From Parallel to Emergent Computing // CRC Press, 2019. – 628 p
2. Czarnul P. Parallel Programming for Modern High Performance Computing Systems // CRC Press, 2018. – 304 p .
3. D. P. Bovet, M. Cesati, Understanding the Linux Kernel, #rd Edition, O'Reilly, 2005.
4. Kurgalin S., Borzunov S. A Practical Approach to High-Performance Computing // Springer, 2019. – 206 p.
5. Lorenzon A., Filho A. Parallel Computing Hits the Power Wall: Principles, Challenges, and a Survey of Solutions // Springer Briefs in Computer Science, 2019 – 88 p
6. Trobec R., Slivnik B., Bulić P., Robič B. Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms // Springer, 2018. – 268p

7. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підручник / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с.
8. Глоба Л.С. Розробка інформаційних ресурсів і систем. Том 2: Розподілені системи. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1690_27125554.pdf
9. Глоба Л.С.. Розробка інформаційних ресурсів та систем. Том 1: Розподілені системи. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.dut.edu.ua/uploads/1_1690_29298415.pdf
10. Дорошенко А.Ю., В.М. Кислюк, О.Л. Синявський. Архітектура і операційні середовища комп'ютерних систем. Методичний посібник і конспект лекцій.- Київ: НаУКМА, 2005.
11. Хмарні та Грід – технології: конспект лекцій[Електронний ресурс] – Режим доступу :
: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/29960/1/Khmarni_ta_gridtehnolohii_Konspekt_lektsii1.pdf

Інформаційні ресурси

1. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. – Version 1.1. – <http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi>
2. MPI: The Message Passing Interface. – http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html
3. Portable Batch System. – <http://www.openpbs.org>
4. ScaLAPACK Users' Guide. – http://www.netlib.org/scalapack/scalapack_home.html
5. The OpenMP Application Program Interface (API). – <http://www.openmp.org>