

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І.І.МЕЧНИКОВА
Кафедра комп'ютерних систем та технологій



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної роботи

_____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ВП 7.1 СИСТЕМНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ

Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	12 «Інформаційні технології»
Спеціальність	122 - Комп'ютерні науки
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерні науки

ОНУ
Одеса
2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Системне програмне забезпечення багатопроцесорних комп'ютерних систем». – Одеса: ОНУ, 2023. – 16с.


Розробники: доктор фізико-математичних наук, професор кафедри комп'ютерних систем та технологій Панченко Борис Євгенійович

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № 1 від. “30” 08 2023 р.

Завідувач кафедри _____  (Юрій ГУНЧЕНКО)

Погоджено із гарантом ОПП «Комп'ютерні науки»

_____  (Алла КАМЄНЄВА)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) ФМФІТ

Протокол № 1 від. “31” 08 2023 р.

Голова НМК _____  (Алла РАЧИНСЬКА)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № ___ від. “___” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних систем та технологій

Протокол № ___ від. “___” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____ (_____)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Загальна кількість: кредитів – 5 годин – 150 Змістових модулів – 3	Галузь знань 12 – інформаційні технології Спеціальність 122 – комп’ютерні науки Рівень вищої освіти: перший бакалаврський	вибіркова
		<i>Рік підготовки:</i>
		4
		<i>Семестр</i>
		8
		<i>Леції</i>
		24 год.
		<i>Практичні, семінарські</i>
		-
		<i>Лабораторні</i>
		36 год.
		<i>Самостійна робота</i>
90 год.		
Форма підсумкового контролю: <i>Екзамен</i>		

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни «Системне програмне забезпечення багатопроцесорних комп'ютерних систем» є формування теоретичних знань та практичних навичок щодо багатопроцесорних комп'ютерних систем, паралельних обчислень, моделей, методів і технологій паралельного програмування і їх застосування для створення вискоелективних паралельних алгоритмів для багатопроцесорних комп'ютерних систем з метою подальшого їх використання при рішенні ресурсоемних обчислювальних задач.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Системне програмне забезпечення багатопроцесорних комп'ютерних систем» є сформувані у студентів уявлення про:

- архітектуру багатопроцесорних комп'ютерних систем;
- класифікацію паралельних та розподілених обчислювальних систем;
- методи побудови, аналізу та розробки паралельних алгоритмів та програм;
- моделі організації паралельних обчислень;
- синхронізацію та взаємне виключення паралельних процесів;
- засоби програмування для основних типів архітектури багатопроцесорних комп'ютерних систем;
- бібліотечні функції для паралельного програмування.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних **компетентностей**:

СК13. Здатність до розробки мережевого програмного забезпечення, що функціонує на основі різних топологій структурованих кабельних систем, використовує комп'ютерні системи і мережі передачі даних та аналізує якість роботи комп'ютерних мереж.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

знати:

- сутність проблем і обмежень, пов'язаних з послідовним характером обробки інформації;
- цілі і задачі систем з багатопроцесорною обробкою інформації;
- основні парадигми паралельного програмування;
- базові методи та алгоритми для паралельного та розподіленої обробки даних;
- проблеми паралельної обробки та основні підходи до рішення цих проблем;
- способи організації паралельного опрацювання даних;
- програмні засоби для паралельних та розподілених систем;

- засоби синхронізації паралельного програмування.

вміти:

- використовувати існуюче та створювати власне програмне забезпечення із використанням мов програмування для моделювання та проведення системних досліджень складних систем тощо;
- використовувати пакети паралельного програмування;
- працювати на багатопроцесорних комп'ютерних системах та кластерах;
- проектувати паралельні алгоритми з врахуванням топології використовуваної паралельної обчислювальної системи;
- програмувати паралельні задачі з використанням відповідних функцій бібліотеки MPI;
- використовувати засоби синхронізації паралельних обчислень.

Що забезпечує наступні програмні результати навчання:

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.

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.

Зміст навчальної дисципліни

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.

ОСНОВИ БАГАТОПРОЦЕСОРНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ ТА ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Тема 1. Введення в архітектуру багатопроесорних комп'ютерних систем. Огляд архітектури багатопроесорних обчислювальних систем. Векторно-конвеєрні суперкомп'ютери. Симетричні мультипроцесорні системи (SMP). Системи з масовим паралелізмом (MPP). Кластерні системи. Класифікація обчислювальних систем.

Тема 2. Цілі та задачі паралельних обчислень. Обмеження максимальної продуктивності однопроесорних ПК. Необхідність розв'язку задач, які перевищують можливості сучасних ПК. 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.

Тема 3. Проблеми використання паралельних обчислень. Наявність 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 4. Класифікація багатопроесорних комп'ютерних систем. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень. Класифікація Фліна. Класифікація Шора. Структурна нотація Хокні та Джесхоупа. Апаратні засоби високопродуктивних обчислень: багатопроесорні 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 суперкомп'ютерів.

Тема 5. Високопродуктивний обчислювальний кластер. Архітектура обчислювального кластера. Система пакетної обробки завдань. Розпаралелювання обчислень які потребують великих витрат машинного часу та обчислювальних ресурсів.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.

ПАРАЛЕЛЬНІ ОБЧИСЛЕННЯ

Тема 6. Оцінка ефективності паралельних обчислень. 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).

Тема 7. Принципи побудови паралельних алгоритмів і програм. 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.

Тема 8. Проблематика паралельних обчислень. 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.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3. ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Тема 9. Технологія розробки паралельних програм для обчислень на графічних процесорах. 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. Загальні принципи обчислень на базі технології CUDA.

Тема 10. 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 11. 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.

4. Структура навчальної дисципліни
 «Системне програмне забезпечення багатопроцесорних комп'ютерних систем»

Назви тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	Усього	у тому числі			
л		п/с	лаб	сп	
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Основи багатопроцесорних комп'ютерних систем та паралельних обчислень					
Тема 1. Введення в архітектуру багатопроцесорних комп'ютерних систем.	9	2			7
Тема 2. Цілі та задачі паралельних обчислень.	9	2			7
Тема 3. Проблеми використання паралельних обчислень.	9	2			7
Тема 4. Класифікація багатопроцесорних комп'ютерних систем.	11	2		2	7
Тема 5. Високопродуктивний обчислювальний кластер.	11	2		2	7
Разом за змістовим модулем 1	49	10		4	35
Змістовий модуль 2. Паралельні обчислення					
Тема 6. Оцінка ефективності паралельних обчислень.	13	2		4	7
Тема 7. Принципи побудови паралельних алгоритмів і програм.	15	2		6	7
Тема 8. Проблематика паралельних обчислень.	13	2		4	7
Разом за змістовим модулем 2	41	6		14	21
Змістовий модуль 3. Програмні засоби для реалізації паралельних обчислень					

Тема 9. Технологія розробки паралельних програм для обчислень на графічних процесорах.	18	2		6	10
Тема 10. Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю.	18	2		6	10
Тема 11. Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI.	24	4		6	14
Разом за змістовим модулем 3	60	8		18	34
Усього годин	150	24		36	90

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені.

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	GRID-системи. Типова структура GRID-систем та організацією розподілених обчислень.	6
2	Програмна платформа BOINC. Організацією розподілених обчислень на основі програмної платформи BOINC.	6
3	Технологія NVIDIA CUDA. Організації паралельних обчислень та програмною моделлю GPGPU на прикладі технології NVIDIA CUDA.	6
4	Технологія GPGPU. Робота з пам'яттю та синхронізація потоків.	6
5	Технологія OpenMP. Головні принципами організації багатопотокових обчислень на основі технології OpenMP	6
6	Технологія MPI. Головні принципами організації багатопотокових обчислень на основі технології MPI.	6
	Разом	36

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/питання для підготовки, завдання	Кількість годин
1	Тема 1. Введення в архітектуру багатопроцесорних комп'ютерних систем. Системи з масовим паралелізмом (MPP). Кластерні системи. Класифікація обчислювальних систем.	7
2	Тема 2. Цілі та задачі паралельних обчислень. Автоматизація управління розподілених технічних систем. Технічні вимоги по зниженню вартості та збільшенню надійності. Відмінність багатозадачних, паралельних і розподілених обчислень.	7
3	Тема 3. Проблеми використання паралельних обчислень. Складність розробки паралельних алгоритмів. Трудомісткість перевірки правильності паралельних програм.	7
4	Тема 4. Класифікація багатопроцесорних комп'ютерних систем. 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 суперкомп'ютерів.	7
5	Тема 5. Високопродуктивний обчислювальний кластер. Розпаралелювання обчислень які потребують великих витрат машинного часу та обчислювальних ресурсів.	7
6	Тема 6. Оцінка ефективності паралельних обчислень. Залежність ефективності паралельних обчислень від особливостей апаратури (архітектура, кількість процесорів, топологія каналів передачі даних).	7
7	Тема 7. Принципи побудови паралельних алгоритмів і програм. Реалізація алгоритму в виді паралельної програми. Декомпозиція алгоритму на блоки, що виконуються паралельно.	7
8	Тема 8. Проблематика паралельних обчислень. 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.	7

9	Тема 9. Технологія розробки паралельних програм для обчислень на графічних процесорах. Інтерфейс програмування CUDA. Загальні принципи обчислень на базі технології CUDA. Програмна модель GPGPU на прикладі технології NVIDIA CUDA.	10
10	Тема 10. Технологія OpenMP для розробки паралельних програм для систем із спільною пам'яттю. Синхронізація. Функції та змінні оточення. Загальна характеристика середовища виконання.	10
11	Тема 11. Розробка паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю з використанням бібліотеки MPI. Управління даними. Загальна характеристика середовища виконання. Основні програмні примітиви системи MPI.	14
	Разом	90

9. Методи навчання

Підготовка студентів здійснюється на лекційних та лабораторних заняттях, але у значній мірі покладається на самостійне вивчення матеріалу студентами денної форми навчання протягом семестру.

Під час викладання дисципліни використовуються словесні та наочні методи навчання:

лекції, бесіда, пояснення, робота з літературними джерелами.

Під час проведення лекцій використовуються наступні методи навчання: пояснювально-ілюстративний метод, інформаційно-рецептивний; репродуктивний метод (репродукція - відтворення); метод проблемного викладу; частково-пошуковий метод.

Під час лабораторних занять використовуються наступні методи навчання частково-пошуковий, або евристичний метод, дослідницький; при захисті лабораторних робіт використовується дискусійний метод. Під час самостійної роботи використовується дослідницький метод (студент опановує літературу за вказаною темою).

10. Методи контролю

Поточний та підсумковий контроль здійснюється в результаті виконання лабораторних робіт. Поточний контроль: опитування, виконання лабораторних робіт; тестові завдання. Форми оцінювання: усне опитування, перевірка лабораторної роботи, тестування.

11. Питання для підсумкового контролю

1. Головні задачі GRID.
2. Класифікація Флінна: головні класи.
3. SMP-системи: визначення та місце в класифікації Флінна.
4. Задачі GRID та суперкомп'ютерів: схожість та відмінності.
5. Характерні особливості систем з загальною (shared) та розподіленою (distributed) пам'яттю.
6. Принципові відмінності між волонтерськими обчисленнями та GRID-обчисленнями.
7. Визначення проекту BOINC. Принцип роботи проекту BOINC. Клієнт BOINC (BOINC Manager).
8. Програмна структура проекту BOINC. Проекти на основі BOINC. Можливості налаштування BOINC Manager.
9. Співвідношення GRID-обчислень та обчислень на основі BOINC.
10. Застосування технології GPGPU у проектах на основі BOINC.
11. Головні означення CPU, GPU, GPGPU, CUDA, kernel-функція.
12. Типовий алгоритм GPGPU-програми. Grid-модель потоків.
13. Головні функції CUDA-програми, їх призначення та аргументи (cudaMalloc, cudaMemCpy, kernel-функції).
14. Організація потоків у Grid та функції для роботи з ними.
15. Переваги та недоліки гетерогенних обчислень на основі GPU.
16. Порівняльний аналіз звичайних (CPU) та гетерогенних (CPU+GPU) програм з погляду їх структури.
17. Типи пам'яті GPU. Бар'єри: означення.
18. Атомарні операції: означення, переваги та недоліки.
19. Паралелізм в CUDA-програмах. Бар'єри: переваги та недоліки.
20. Головні поняття MPI-обчислень (процес, комунікатор, повідомлення).
21. Загальна структура MPI-програми.
22. Програмне забезпечення для MPI-обчислень (MS-MPI SDK).
23. Структура MPI-програми з програмної точки зору. Типи обміну повідомлення.
24. Особливості колективного обміну повідомленнями в MPI.
25. MPI, операції обміну повідомленнями з блокуванням та без нього.
26. Поняття багатопотоковості. Поняття потоку і його відмінність від процесу.
27. Головні команди OpenMP (pragma omp sections, pragma omp for, ...) та їх застосування.
28. Структура OpenMP-програми з програмної точки зору.
29. Переваги та недоліки багатопотоковості.
30. Багатопотоковість та інші технології паралельних обчислень.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний та періодичний контроль	Сума
----------------------------------	------

Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3			балів
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	100
			3	3	3	3	3	3	3	3	
Контрольна робота за змістовим модулем 1 - 26					Контрольна робота за змістовим модулем 2 - 25			Контрольна робота за змістовим модулем 3 - 25			

ФОРМУВАЛЬНЕ ОЦІНЮВАННЯ

Види навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість завдань	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1. Основи багатопроцесорних комп'ютерних систем та паралельних обчислень			
Виконання і захист лабораторних робіт	3	2	0-6
Контрольна робота за змістовим модулем			0-26
Усього за змістовим модулем 1			0-32
Змістовий модуль 2. Паралельні обчислення			
Виконання і захист лабораторних робіт	3	3	0-9
Контрольна робота за змістовим модулем			0-25
Усього за змістовим модулем 2			0-34
Змістовий модуль 3. Програмні засоби для реалізації паралельних обчислень			
Виконання і захист лабораторних робіт	3	3	0-9
Контрольна робота за змістовим модулем			0-25
Усього за змістовим модулем 3			0-34
Підсумкова сума балів			100

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за	Оцінка	Оцінка за національною шкалою
---------------	--------	-------------------------------

всі види навчальної діяльності	ECTS	для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

При оцінюванні в балах рівня засвоєння матеріалу використовуються загальні критерії оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти:

Оцінка за національною шкалою та відсоток від максимальної кількості балів	Теоретична підготовка	Практична підготовка
	Здобувач освіти	
зараховано (90-100% від максимальної кількості балів)	у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, самостійно та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей; глибоко та всебічно розкриває зміст теоретичних питань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; робить самостійні висновки, виявляє причинно-наслідкові зв'язки; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань. Здобувач здатен виділяти суттєві ознаки вивченого за допомогою операцій синтезу, аналізу, виявляти причинно-наслідкові зв'язки, формувати висновки і узагальнення, вільно оперувати фактами та відомостями.	глибоко та всебічно розкриває сутність практичних/розрахункових завдань, використовуючи при цьому нормативну, обов'язкову та додаткову літературу; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання й оцінити результати власної практичної діяльності; виконує творчі завдання та ініціює нові шляхи їх виконання; вільно використовує набуті теоретичні знання при аналізі практичного матеріалу; проявляє

		творчий підхід до виконання індивідуальних та колективних завдань при самостійній роботі.
зараховано (75-89% від максимальної кількості балів)	достатньо повно володіє навчальним матеріалом, обґрунтовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей, використовуючи при цьому нормативну та обов'язкову літературу; при представленні деяких питань не вистачає достатньої глибини та аргументації, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій; самостійно аналізує, узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускаються при цьому окремі несуттєві неточності та незначні помилки.	правильно вирішив більшість розрахункових /тестових завдань за зразком; має стійкі навички виконання завдання
зараховано (60-74% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом на репродуктивному рівні або відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків, знає основні поняття навчального матеріалу; має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.	може використовувати знання в стандартних ситуаціях, має елементарні, нестійкі навички виконання завдання. Правильно вирішив половину розрахункових/тестових завдань. Здобувач має ускладнення під час виділення суттєвих ознак вивченого; під час виявлення причинно-наслідкових зв'язків і формулювання висновків.
не зараховано (35-59% від максимальної кількості балів)	володіє навчальним матеріалом поверхово й фрагментарно (без аргументації та обґрунтування); безсистемно виокремлює випадкові ознаки вивченого; не вміє робити найпростіші операції аналізу і синтезу; робити узагальнення, висновки; під час відповіді допускаються суттєві помилки	недостатньо розкриває сутність практичних завдань, допускаючи при цьому суттєві неточності, правильно вирішив окремі розрахункові/тестові завдання за допомогою викладача, відсутні сформовані уміння та навички.

не - зараховано (0-34% від максимальн ої кількості балів)	не володіє навчальним матеріалом	виконує лише елементи завдання, потребує постійної допомоги викладача
--	----------------------------------	--

13. Методичне забезпечення

Робоча програма навчальної дисципліни, силабус, матеріали до лекцій.

14. Рекомендована література

Основна

1. Васюхин М.И. , С.О.Горбатюк, М.М.Касім, В.Г.Шелестовський Комп'ютерні системи. Навчальний посібник.– К.: ЦП «Компринт», 2017.– 270с.
2. Victor Eijkhout Parallel Programming in MPI and OpenMP – Lulu.com, 2017. - 350pp. ISBN: 1387400282, 9781387400287.
3. Тарарака В.Д. Архітектура комп'ютерних систем: навчальний посібник. – Житомир : ЖДТУ, 2018. – 383 с.
4. Аксак Н.Г. Паралельні та розподілені обчислення: підручник / Н.Г. Аксак, О.Г. Руденко, А.М. Гуржій. – Х.: Компанія СМІТ, 2009. – 480с.
5. Петренко А.І. Вступ до GRID-технологій для науки і освіти: навч. посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 122 с.
6. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Технології розподілених систем і паралельних обчислень» для студентів спеціальності 122 – Комп'ютерні науки / Уклад. А. А. Яровий, С. В. Барабан, В. С. Озеранський, Є. О. Шемет. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 56 с.

Додаткова

1. Ukrainian National Grid [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.grid.ntu-kpi.kiev.ua>. (Офіційний сайт проекту Ukrainian National Grid (Ugrid)).
2. BOINC [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://boinc.berkeley.edu/> (Офіційний сайт проекту BOINC).
3. GPGPU: General Purpose computations on Graphic Processing Unit [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gpgpu.org>.
4. Parallel Programming and Computing Platform – CUDA – NVIDIA [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html.

15. Електронні інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua/> – Сайт Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського.

2. <http://www.dnrb.gov.ua/> – Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського.

3. <http://onu.edu.ua/> – Сайт бібліотеки ОНУ імені І.І. Мечникова.

4. <http://odnb.odessa.ua/> - Сайт Одеської національної наукової бібліотеки.