

МІЖРЕГІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ



МАУП

Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних інформаційних систем та технологій

Затверджую:

Декан ФКІТ

Чолишкіна О.Г.

“20” серпня 2020 р.



Схвалено на засіданні кафедри

Протокол № 12 від 20 серпня 2020 р.

Завідувач кафедри  Кавун С.В.

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Технології розподілених систем та паралельних обчислень

спеціальності: 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

освітнього рівня Бакалавр
(назва освітнього рівня, ОКР)

освітньої програми: Комп'ютерні науки
(шифр і назва освітньої програми)

спеціалізації: _____
(за наявності) (назва спеціалізації)

Київ МАУП 2020

Розробник (-и) си́лабусу навчальної дисципліни:

Рябокінь Юлія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних інформаційних систем та технологій

Викладач:

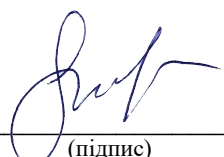
Рябокінь Юлія Миколаївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри комп'ютерних інформаційних систем та технологій

Си́лабус розглянуто і затверджено на засіданні кафедри КІСТ
Протокол від 20 серпня 2020 № 12

Завідувач кафедри  Кавун С.В.
(підпис)

Си́лабус погоджено з гарантом (керівником) освітньої програми 122
Комп'ютерні науки
(шифр, назва освітньої програми)

20.08. 2020 р.

Керівник (гарант) освітньої програми 
(підпис)

Пролонговано:

на 20__/20__ н.р. _____ (_____), «__» 20__ р., протокол № ____
(підпис) (ПІБ)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____), «__» 20__ р., протокол № ____
(підпис) (ПІБ)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____), «__» 20__ р., протокол № ____
(підпис) (ПІБ)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____), «__» 20__ р., протокол № ____

ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом» <http://maup.com.ua/>
Факультет комп'ютерно-інформаційних технологій <http://itmaup.com.ua>
Кафедра комп'ютерних інформаційних систем та технологій
http://itmaup.com.ua/?page_id=589

Назва дисципліни	<i>Технології розподілених систем та паралельних обчислень</i>
Викладач (-і)	<i>Рябокін Ю.М.</i>
Портфоліо викладача (-ів)	<i>http://itmaup.com.ua/?page_id=589</i>
Контактний тел.	<i>+380665475370</i>
E-mail:	
Сторінка дисципліни на сайті	<i>http://itmaup.com.ua/?page_id=1725</i>
Консультації	<i>Ср: 11:30-12:50 корпус 24, аудиторія 11</i>

1. Коротка анотація до дисципліни. У курсі вивчаються технології та засоби обчислень, що використовуються для паралельного та розподіленого розв'язання складних задач різних прикладних галузей, коли потрібно забезпечити високу продуктивність обчислень та передачі інформації, застосування великих обсягів пам'яті. Студенти ознайомлюються із моделями та підходами до оцінки характеристик паралельних алгоритмів вирішення обчислювально-складних завдань, сучасними парадигмами програмування багатопроцесорних та мультикомп'ютерних систем. Вивчають інструменти та технології паралельного програмування, які ґрунтуються на мовах програмування, алгоритмах та чисельних методах, що дозволяють ефективно реалізувати паралельні та розподілені обчислення. Значна увага приділена розробці паралельного та розподіленого програмного забезпечення для високопродуктивних комп'ютерних систем на основі засобів бібліотек MPI та OpenMP, технологій розподілених об'єктних систем.

2. Мета та завдання дисципліни. Метою дисципліни є формування у студентів знань основних термінів і понять, математичного апарату та моделей паралельних обчислень, вивчення теоретичних та практичних основ виявлення паралелізму, принципів та основних методів побудови паралельних алгоритмів, набуття практичних навичок розробки програмних засобів для паралельних та розподілених обчислень на базі мультипроцесорних та мультикомп'ютерних систем, набуття умінь проектування таких засобів для розв'язання типових прикладних задач.

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- ознайомлення студентів з основними парадигмами паралельного програмування;
- розвиток практичних та теоретичних навичок розробки та використання моделей паралельних обчислень для розрахунку показників ефективності розпаралелювання;
- освоєння принципів та методів створення паралельних програм для систем з загальною та розподіленою пам'яттю;

- формування у студентів практичних умінь і навичок програмування з використанням бібліотек для стандарту MPI;
- формування у студентів практичних умінь і навичок програмування засобами OpenMP;
- освоєння сучасних програмних інструментів для налагодження й оптимізації паралельних програм;
- освоєння розробки розподілених додатків з використанням технологій розподілених об'єктних систем;
- набуття навичок самостійного вивчення окремих тем дисципліни та вирішення типових задач;
- засвоєння отриманих знань студентами, а також формування у них мотивації до самоосвіти за рахунок активізації їхньої пізнавальної діяльності.

3. Формат курсу. При вивченні курсу передбачені три види навчальної роботи студентів: лекції, практичні заняття та лабораторні роботи.

У межах теоретичної частини забезпечуються:

- знання базових принципів паралельних та розподілених обчислень;
- знання основних класів паралельних обчислювальних систем та рівнів паралелізації обчислень;
- знання моделей паралельних обчислень, метрик та законів для оцінки максимально досяжного паралелізму;
- знання загальної методології побудови паралельних методів, алгоритмів для вирішення прикладних завдань;
- знання прийомів розробки паралельних програм та їхні імплементації на обчислювальних системах з загальною та розподіленою пам'яттю;
- знання стандартів MPI та OpenMP;
- знання основних паралельних алгоритмів розв'язання базових обчислювальних задач;
- знання особливостей розподілених систем, підходів до вирішення проблем синхронізації при розподілених обчисленнях;
- знання підходів до створення розподілених застосунків згідно з концепціями розподілених об'єктних систем.

Проходження практичної частини курсу формує вміння та навички:

- обґрунтовувати й аналізувати доцільність застосування паралельних обчислень при вирішенні практичних задач;
- використовувати сучасні технології створення паралельних програм з використанням бібліотек MPI та OpenMP;
- імплементувати та налагоджувати паралельні програми на багатопроцесорних та кластерних обчислювальних системах;
- використовувати на практиці методології побудови паралельних методів, алгоритмів та програм для задач з великим обсягом обчислень;
- створювати розподілені додатки з використанням засобів розподілених об'єктних систем.

4. Програмні результати навчання (інтегральні, фахові компетентності).

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей:

загальних:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

- здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність працювати в команді;
- здатність приймати обґрунтовані рішення;
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

фахових:

- здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування;
- здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проєктування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних галузей та і створення програмних та інформаційних систем;
- здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризику;
- 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;
- здатність проєктувати 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;
- 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;
- здатність забезпечити організацію обчислювальних процесів в інформаційних системах різного призначення з урахуванням архітектури, конфігурування, показників результативності функціонування операційних систем і системного програмного забезпечення;
- здатність реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень при розробці й експлуатації розподілених систем паралельної обробки інформації;
- здатність використовувати технології та патерни програмування для вирішення найбільш розповсюджених задач; модифікувати наявні патерни для вирішення конкретної задачі при створенні програмної системи;
- здатність забезпечувати якість комп'ютерних систем та оцінювати їх показники якості з використанням відповідних моделей та засобів на всіх етапах розробки;
- здатність проєктувати та реалізовувати програмне забезпечення інформаційних комплексів для різноманітних операційних систем та програмних фреймворків із застосуванням сучасних бібліотек крос-платформного програмування, проводити

тестування на декількох апаратних платформах, впроваджувати і підтримувати роботу інформаційних систем на сучасних платформах.

Результати навчання даної дисципліни деталізують такі програмні результати навчання:

- 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;
- використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- 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;
- використовувати моделі систем масового обслуговування; методології ймовірнісного та імітаційного моделювання об'єктів, процесів і систем; планування та проведення експериментів з моделями, прийняття рішень для досягнення мети за результатами моделювання;
- застосовувати знання мережних технологій, архітектури комп'ютерних мереж, технології адміністрування комп'ютерних мереж та їхнього програмного забезпечення в процесі виконання розподілених обчислень.

5. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика дисципліни за формами навчання	
	денна	заочна
<i>Технології розподілених систем та паралельних обчислень</i>		
Курс	3	3

Семестр	5	5
Обсяг кредитів	4	4
Обсяг годин, в тому числі:	120	120
Аудиторні	50	8
Модульний контроль	2	-
Семестровий контроль	2	2
Самостійна робота	70	112
Форма семестрового контролю	<i>Іспит</i>	<i>Іспит</i>

6. Статус дисципліни: *обов'язкова*

7. **Пререквізити** - вивчення дисципліни ґрунтується на знаннях об'єктно-орієнтованого програмування.

8. **Технічне й програмне забезпечення /обладнання** - При виконанні лабораторних робіт використовуються бібліотеки MPICH надбудова OpenMP для gcc (<http://www.mpich.org/>, openmp.org) в середовищі операційної системи ubuntu. Ознайомитися із наявними в Інституті програмами і сервісами можна: ауд. №5: Тищенко Максим Вадимович

9. **Політика курсу** - Для успішного проходження курсу та складання контрольних заходів необхідним є виконання наступних обов'язків:

- не запізнюватися на заняття;
- не пропускати заняття (як практичні так і лекційні), в разі хвороби мати довідку або її ксерокопію;
- самостійно опрацьовувати весь лекційний матеріал та ресурси для самостійної роботи; конструктивно підтримувати зворотній зв'язок з викладачем на всіх етапах проходження курсу;
- своєчасно і самостійно виконувати всі передбачені програмою практичні завдання;
- не користуватися мобільним телефоном під час аудиторних занять;
- брати очну участь у контрольних заходах;
- будь-яке відтворення результатів чужої праці, в тому числі використання завантажених з Інтернету матеріалів, як власних результатів, кваліфікується, як порушення норм і правил академічної доброчесності, та передбачає притягнення до відповідальності у порядку, визначеному чинним законодавством.

10. Схема курсу (Навчально-методична карта дисципліни)

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА КАРТА ДИСЦИПЛІНИ «Технології розподілених систем та паралельних обчислень»

Разом: 120 год., з них 34 год. – лекції, 17 год. – практичні заняття; самостійна робота – 70 год.

Кількість балів за семестр	100 балів			
Модулі	Змістовий модуль I			
Назва модуля	Паралельні обчислювальні системи та основи паралельних обчислень. Моделі паралельних обчислень			
Лекції	1	2	3	4
Теми лекцій	Вступ до предмету. Парадигми організації обчислень Проблеми використання паралелізму. Відмінності багатозадачних, паралельних та розподілених обчислень. Деталізація класифікації MIMD систем: SMP-системи, кластери, MMR-системи, системи із загальною й розподіленою пам'яттю. Архітектура NUMA та ccNUMA.	Моделювання та аналіз паралельних обчислень. Рівні та метрики паралелізму. Оцінка максимально досяжного паралелізму: закон Амдаля, ефект Амдаля, закон Густавсона – Барсіса. Аналіз масштабованості паралельних обчислень. Обчислення часу виконання паралельного алгоритму. Теореми про оцінки часу виконання паралельного алгоритму. Рекомендації щодо побудови паралельних алгоритмів.	Моделі паралельних обчислень. Граф «операнди - операції». Схема паралельного виконання алгоритму. Приклад паралельного алгоритму: каскадна схема сумування. Модифікована каскадна схема сумування. Показники прискорення й ефективності каскадних схем. Оцінка комунікаційної складності паралельних алгоритмів Стандарт та призначення MPI. Модель MPI-додатка. Комунікатори. Функції ініціалізації й завершення роботи. Етапи передачі повідомлень між паралельними процесами MPI. Типи даних MPI. Функції передачі повідомлень між процесами типу «один-одному».	Організація колективних комунікаційних операцій. Огляд колективних операцій. Функції збору блоків даних від усіх процесів групи. Функції розподілу блоків даних по всіх процесах групи. Сполучені колективні операції. Глобальні обчислювальні операції над розподіленими даними. Похідні типи даних. Конструктори типів. Передача упакованих даних. Групи і комунікатори. Топології процесів. Створення декартової топології процесів в MPI-додатках. Приклад використання декартової топології процесів.
Практичні заняття	1	2	3	4

Теми практичних занять	Моделі та аналіз паралельних обчислень	Обчислення реального часу виконання паралельного алгоритму Розклад виконання	Моделі та аналіз паралельних обчислень. Створення розкладів та обчислення часу виконання	Аналіз комунікаційної складності паралельних алгоритмів
Поточний контроль	модульна контрольна робота №1 (20 балів)			
Модулі	Змістовий модуль II			
Назва модуля	Розробка паралельних програм для систем з загальною пам'яттю. Паралельні алгоритми вирішення трудомістких задач			
Лекції	5	6	7	8
Теми лекцій	Загальні відомості про стандарт OpenMP. Стандарт та Призначення OpenMP. Переваги технології OpenMP. Модель паралелізму OpenMP. Модель пам'яті OpenMP. Структура OpenMP-додатка. Типи директив. Формат запису директив. Принципи та етапи розробки паралельних алгоритмів та програм.	Директива паралельної обробки parallel. Директива розподілення роботи for. Директиви розподілення роботи sections та section. Директиви single та master. Директиви tasks та taskwait. Директиви синхронізації barrier, ordered, critical, atomic. Паралельні алгоритми для вирішення СЛАУ	Засоби керування виконанням паралельної програми. Загальні та часткові змінні. Функції середовища виконання. Функції блокування та синхронізації. Змінні оточення. Алгоритми планування паралельного виконання циклів (static, dynamic, guided, runtime scheduling). Взаємодія в розподілених системах. Модель розподіленого обчислення. Модель розподіленої системи. Причинно-наслідковий порядок подій. Еквівалентні виконання. Властивість каналів.	Технології, що підтримують концепцію розподілених об'єктних систем. Поняття розподілених обчислень та розподіленої системи. Цілі побудови розподілених систем. Вимоги до розподілених систем: прозорість, відкритість, масштабованість. Складність розробки розподілених систем. Поняття та призначення програмного забезпечення проміжного рівня. Взаємодія в розподілених системах. Модель розподіленого обчислення. Модель розподіленої системи. Причинно-наслідковий порядок подій.

Практичні заняття	5	6	7	8
Теми практичних занять	Розробка MPI програм для завдань, що потребують виконання операцій редукції	Функції MPI для роботи з групами процесів, комунікаторами та віртуальними топологіями	Розробка MPI програм для завдань, що потребують створення віртуальних топологій	Директиви OpenMP. Розробка простих паралельних програм з використанням директив
Поточний контроль	модульна контрольна робота №2 (20 балів)			
Підсумковий контроль	Іспит			

11. Система оцінювання навчальних досягнень

Вид діяльності студента	Максимальна кількість балів за одиницю	Модуль 1		Модуль 2	
		кількість одиниць	максимальна кількість балів	кількість одиниць	максимальна кількість балів
Відвідування лекцій	1	4	4	4	4
Відвідування практичних занять	1	4	4	4	4
Виконання практичних завдань	10	4	40	4	40
Виконання завдань для самостійної роботи (додавати завдання за потребою)	5	1	5	1	5
Виконання модульної роботи	20	1	20	1	20
Разом за кожним модулем	-		73	-	73
Максимальна кількість балів					146
146:100=1,46. Студент набрав X балів; Розрахунок: X:1,46 = загальна кількість балів.					
Усього за навчальною дисципліною					100

12. Завдання для самостійної роботи та критерії її оцінювання

№ з/п	Зміст самостійної роботи студента	Обсяг СРС (годин)
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	26
2.	Підготовка до практичних занять	36
3.	Підготовка до модульних контрольних робіт №1, №2	8
Усього за навчальною дисципліною		70

Критерії оцінювання:

- змістовність – 1 бал
- відповідність темі та стилю оформлення – 1 бал

13. Форми проведення модульного контролю та критерії оцінювання

Модульний контроль здійснюється шляхом написання модульної контрольної роботи.

Студентами пропонуються варіанти МКР, кожен білет містить по 2 теоретичних запитання та 2 практичних завдання.

Критерії оцінювання:

- виконання МКР – максимум 20 балів.

Критеріями оцінки правильності виконання модульних контрольних завдань є:

№ п/п	Критерії оцінки знань студента виявлених під час проведення модульного контролю	кількість балів
-------	---	-----------------

1.	студент в процесі письмової відповіді дає правильні відповіді на всі поставлені запитання , виявляє високий рівень знань теоретичного та практичного матеріалу. Викладає свою відповідь системно та логічно, упевнено і правильно аргументує власну позицію, робить висновки, тощо.	20 балів
2.	студент має належний рівень знань теоретичного та практичного матеріалу, на поставлені запитання відповіді дає, переважно, правильні, однак допускає певні неточності у визначеннях, не завжди належно (коректно) аргументує відповідь або правильно відповідає лише на половину поставлених запитань , тощо.	15 балів
3.	студент має задовільний рівень знань теоретичного та практичного матеріалу, на поставлені запитання відповідає, але не на всі, допускає певні неточності у визначеннях базових категорій, не завжди належно (коректно) аргументує або правильно дає відповідь на 1/3 (одну третину) поставлених запитань тощо.	10 балів
4.	студент дає неправильні відповіді на поставлені запитання, виявляє неналежний рівень знань теоретичного та практичного матеріалу, неспроможний послідовно і правильно аргументувати свою відповідь або взагалі не в змозі відповісти на поставлені запитання , тощо.	0 балів

14. Форми проведення семестрового контролю та критерії оцінювання: *Ісnum*

15. Орієнтовний перелік питань для семестрового комплексного контролю.

1. Парадигми організації обчислень
2. Проблеми використання паралелізму
3. Відмінності багатозадачних, паралельних та розподілених обчислень
4. Деталізація класифікації MIMD систем: SMP-системи, кластери, MMP-системи, системи із загальною й розподіленою пам'яттю. Архітектура NUMA та ccNUMA.
5. Рівні та метрики паралелізму
6. Оцінка максимально досяжного паралелізму: закон Амдаля, ефект Амдаля, закон Густавсона – Барсіса
7. Аналіз масштабованості паралельних обчислень
8. Теореми про оцінки часу виконання паралельного алгоритму
9. Рекомендації щодо побудови паралельних алгоритмів
10. Граф «операнди - операції»
11. Схема паралельного виконання алгоритму
12. Приклад паралельного алгоритму
13. Модифікована каскадна схема сумування
14. Стандарт та призначення MPI
15. Модель MPI-додатка
16. Функції ініціалізації й завершення роботи
17. Етапи передачі повідомлень між паралельними процесами MPI
18. Типи даних MPI
19. Функції передачі повідомлень між процесами
20. Функції збору блоків даних від усіх процесів групи
21. Функції розподілу блоків даних по всіх процесах групи
22. Сполучені колективні операції
23. Глобальні обчислювальні операції над розподіленими даними
24. Похідні типи даних

25. Конструктори типів
26. Групи і комунікатори
27. Топології процесів
28. Приклад використання декартової топології процесів
29. Стандарт та Призначення OpenMP
30. Модель паралелізму OpenMP
31. Модель пам'яті OpenMP
32. Директива паралельної обробки parallel
33. Директива розподілення роботи for
34. Директиви розподілення роботи sections та section
35. Принципи та етапи розробки паралельних алгоритмів та програм
36. Паралельні алгоритми для вирішення СЛАУ
37. Взаємодія в розподілених системах
38. Модель розподіленого обчислення
39. Модель розподіленої системи
40. Причинно-наслідковий порядок подій
41. Синхронізація в розподілених системах

16. Шкала відповідності оцінок

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
68-74	D	задовільно	
60-67	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

17. Рекомендовані джерела (література):

1. Кузьменко Б.В., Чайковська О.А. Технологія розподілених систем та паралельних обчислень. (конспект лекцій, частина 1. Розподілені об'єктні системи, паралельні обчислювальні системи та паралельні обчислення, паралельне програмування на основі MPI) Навчальний посібник. –К.: Видавничий центр КНУКІМ, 2011 –126 с.
2. Семеренко, В. П. Технології паралельних обчислень : навчальний посібник / Семеренко В. П. –Вінниця : ВНТУ, 2018. –104 с.
3. Жуков І.А., Корочкін О.В. Паралельні та розподілені обчислення. Навч. посіб. –К.: «Корнійчук» ,

2005. –226 с.

4.Parallel and Distributed Computing Handbook / Albert Y. Zomaya, Editor. –McGraw-Hill, 2018. –1179 p.

5.Handbook of Parallel Computing. Models, Algorithms and Applications / Edited BySanguthevar Rajasekaran, John Reif, 1st Edition. –New York: Chapman and Hall/CRC, 2007. –1224 p. DOI:

<https://doi.org/10.1201/9781420011296>

6.Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений / Гергель В.П. –Москва: Интернет-Университет, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.–314 с

7.Грегори Р. Эндрюс. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. –512 с.

8.Антонов А.С. "Параллельное программирование с использованием технологии MPI" / Антонов А.С. –М.: Изд-во МГУ, 2004. –71 с.

9.Антонов А.С. "Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP"/ Антонов А.С. –М.: Изд-во МГУ, 2009. –77 с.

10.Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. –СПб: БХВ-Петербург, 2002.

11.Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. –СПб: Питер, 2001.

12.Стивенс У. UNIX: взаимодействие процессов. –СПб: Питер, 2003. –576 с.

13.<http://www.parallel.ru>–сервер Лаборатории Параллельных информационных технологий Научно-исследовательского вычислительного центра Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

14.<http://www.mcs.anl.gov>–Argonne National Laboratory, Center for Computational Science and Technology.15.<http://www.cacr.caltech.edu/>–CACR -Центр Вычислительных Исследований (Center of

Advanced Computing Research)16.<http://netlib.org>–Netlib is a collection of mathematical software, papers, and databases.

18.Інформаційні ресурси:

1.http://parallel.ru/tech/tech_dev/OpenMP/examples/.

2.OpenMP Architecture Review Board (<http://www.openmp.org/>).

3.<https://www.mpi-forum.org/>

4.<https://web.archive.org/web/20061004160142/http://www.parawiki.org/index.php/MPI>

5.<https://www.open-mpi.org/>