

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ'ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра комп'ютерних наук

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Зав.каф. комп'ютерних наук

“ _____ ” _____ 2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Інженерія програмного забезпечення для паралельних та розподілених
систем

спеціальність **121 Інженерія програмного забезпечення**

факультет, відділення **Інфокомунікацій та програмної інженерії**

Одеса
2020 рік

Робоча програма дисципліни Інженерія програмного забезпечення для паралельних та розподілених систем для студентів

(назва навчальної дисципліни)

за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Розробник програми: к.т.н., доц. Вороной С.М.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Комп'ютерних наук

Протокол від “ _____ ” _____ 2020 року № _____

Завідувач кафедри Комп'ютерних наук

_____ (_____)

“ _____ ” _____ 2020 _____ року

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів ЄКТС – 5	Галузь знань <u>12 Інформаційні технології</u> (шифр і назва)	Обов'язкова	
	Спеціальність <u>122 Інженерія програмного забезпечення</u> (шифр і назва)		
Семестрів – 1	Спеціальність (професійне спрямування): _____	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-ий	
Індивідуальне науково-дослідне завдання _____		Семестр	
Загальна кількість годин – 150		1.2	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5	Ступінь вищої освіти: <i>магістр</i>	Лекції	
		20 год.	
		Практичні, семінарські	
		20 год.	
		Лабораторні	
		20 год.	
		Самостійна робота	
		90 год.	
		Індивідуальні завдання	
		–	–
Вид контролю: іспит			

2. Анотація дисципліни

Програма вивчення навчальної дисципліни “**Інженерія програмного забезпечення для паралельних та розподілених систем**” складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістрів спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

У межах навчального курсу вивчаються технології проектування програмного забезпечення розв’язання складних прикладних завдань в різноманітних галузях, що потребують високої продуктивності обчислень на підставі багатопроцесорних та розподілених обчислень.

Вивчаються моделі та методи ефективної паралельної обробки даних, які суттєво зменшують час вирішення завдань, ґрунтуються на мовах програмування, алгоритмах та чисельних методах, що дозволяють реалізувати паралельні та розподілені обчислення.

Вивчаються технології розробки паралельних програм для систем з розподіленою та загальною пам’яттю, що використовують MPI та OpenMP.

Приділяється увага проблемам розробки розподіленого програмного забезпечення та використанню технологій розподілених об’єктних систем.

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів:

1. Технології та засоби розробки програмного забезпечення для високопродуктивних обчислень на паралельних системах з розподіленою та загальною пам’яттю.

2. Технології створення програмного забезпечення для розподілених систем.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Вивчення теоретичних та практичних аспектів розробки програмного забезпечення для вирішення складних прикладних задач з великим об’ємом обчислень на багатопроцесорних та розподілених системах.

Основні завдання дисципліни:

- ознайомлення студентів з основними парадигмами паралельного програмування;

- вивчення стандартів паралельного програмування (таких як MPI, OpenMP);

- практичне освоєння методів створення паралельних програм для систем з загальною та розподіленою пам’яттю;

- освоєння сучасних програмних інструментів для налагодження і оптимізації паралельних програм;

- освоєння розробки розподілених додатків з використанням технологій розподілених об’єктних систем.

підготовка до виконання кваліфікаційних робіт, тематика яких пов’язана з дослідженням та проектуванням паралельних алгоритмів прикладних задач.

При вивченні курсу передбачені три види учбової роботи студентів: лекції, практичні заняття та лабораторні роботи. В межах теоретичної частини вивчаються існуючі підходи до створення програмного забезпечення для мультипроцесорних та розподілених систем, існуючі стандарти комунікацій та багато поточної обробки в багатопроцесорних система з розподіленою та загальною пам'яттю, приділяється увага проблематиці розробки розподілених додатків з використанням технологій розподілених об'єктних систем.

Курс передбачає теоретичні та практичні заняття.

В межах теоретичної частини забезпечуються:

- знання архітектури сучасних комп'ютерних систем для високопродуктивних обчислень;
- знання принципів розпаралелювання, моделей та характеристик паралельних обчислень;
- знання основних принципів паралельного програмування;
- знання загальної схеми проектування паралельних алгоритмів та програм для задач великої обчислювальної складності;
- знання паралельних алгоритмів реалізації поширених математичних обчислень;
- знання технологій створення розподілених за стосунків з використанням технологій розподілених об'єктних систем.

Тематика лабораторних та практичних занять орієнтована на застосування бібліотек MPI та OpenMP при розробці паралельних програм для вирішення завдань великої обчислювальної складності, створення розподілених додатків.

Проходження практичної частини курсу формує вміння:

- вибирати інструментальні засоби для автоматизації розробки програмного забезпечення на основі паралельного комп'ютингу;
- розробляти програмне забезпечення із застосуванням стандартів паралельних обчислень MPI та OpenMP;
- проектувати паралельні алгоритми та програми для вирішення класів обчислювально-складних завдань на багатопроцесорних та кластерних системах;
- оцінювати ефективність розроблених паралельних алгоритмів та програм.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей:

загальних:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово;
- здатність проведення теоретичних та прикладних досліджень на відповідному рівні;
- здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності);
- здатність удосконалювати свої навички на основі аналізу попереднього досвіду;

- здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- здатність управляти своїм часом та розуміти важливість дедлайнів.

фахових:

- здатність аналізувати предметні області, формувати, аналізувати та моделювати вимоги до програмного забезпечення;
- здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення;
- здатність оцінювати ступінь обґрунтованості застосування специфікацій, стандартів, правил і рекомендацій в професійній галузі та дотримуватися їх при реалізації процесів життєвого циклу програмного забезпечення;
- здатність систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення;
- здатність аналізувати вимоги, розробляти та тестувати хмарні застосування, реалізовувати високопродуктивні обчислення на основі хмарних сервісів і технологій, паралельних і розподілених обчислень, обирати відповідні архітектури та проектні шаблони проектування та інтеграції таких застосувань;
- здатність використовувати знання сучасних комп'ютерних та інформаційних технологій та інструментів інженерних і наукових досліджень, розрахунків, обробки та аналізу даних, моделювання та оптимізації;
- здатність демонструвати та застосовувати на практиці знання методів моделювання програмних систем, оцінки їх ефективності та якості.

Результати навчання даної дисципліни деталізують такі **програмні результати навчання:**

- знати і системно застосовувати методи аналізу та моделювання прикладної області, виявлення інформаційних потреб і збору вихідних даних для проектування програмного забезпечення;
- розробляти і оцінювати стратегії проектування програмних засобів, в тому числі з урахуванням впливу факторів різновекторного спрямування; обґрунтовувати, аналізувати і оцінювати прийняті проектні рішення з точки зору якості кінцевого програмного продукту;
- обґрунтовано вибирати парадигми і мови програмування для вирішення прикладних завдань; застосовувати на практиці системні та спеціалізовані засоби, компонентні технології (платформи) та інтегровані середовища розробки програмного забезпечення;
- знати і застосовувати сучасні професійні стандарти і інші нормативно-правові документи з інженерії програмного забезпечення;
- вміти приймати організаційно-управлінські рішення в умовах невизначеності;
- набувати нові наукові і професійні знання, вдосконалювати навички, прогнозувати розвиток програмних систем та інформаційних технологій;
- здобувати необхідну інформацію з іншомовної літератури, аналізувати та вибирати необхідні для вирішення фахових наукових і прикладних задач

інформаційно-довідкові та науково-технічні ресурси і джерела знань з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки, здійснювати різні види комунікації під час спілкування;

- організовувати командну роботу, управляти проектами, підбирати команду проекту, ефективно працювати в групі, визначати та розподіляти завдання з метою вирішення різноманітних дослідницьких та практичних завдань;

- знати і застосовувати на практиці архітектури та стандарти розподілених обчислень, концепції та технології паралельної обробки інформації при розробці та експлуатації паралельного та розподіленого програмного забезпечення.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 150 годин / 5 кредитів ECTS.

4. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Технології та засоби розробки програмного забезпечення для високопродуктивних обчислень на паралельних системах з розподіленою та загальною пам'яттю.

Тема 1. Огляд архітектури паралельних обчислювальних систем. Види паралелізму. Характеристики ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала та Густавсона-Барсіса. Комунаційна складність. Рекомендації щодо доцільності розробки програмного забезпечення для паралельного вирішення задачі.

Тема 2. Особливості розробки паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю. Стандарт MPI. Обмін повідомленнями. Типи функцій бібліотеки MPI та режими обміну даними. Функції бібліотеки для комунацій крапка-крапка, колективних комунацій та колективних обчислень.

Тема 3 Врахування особливостей задач при розробці паралельних застосунків з використанням можливостей бібліотеки MPI з конструювання нових типів даних, керування групами процесів та комунаціаторів, утворення віртуальних топологій.

Тема 4. Особливості програмування багатопоточних застосунків на багатопроцесорних системах із спільною пам'яттю. Стандарт OpenMP. Модель виконання. Конструкції для створення потоків, розподілу роботи між потоками, керування роботою з даними.

Тема 5. Особливості програмування багатопоточних застосунків з використанням конструкцій OpenMP для синхронізації потоків та процедур бібліотеки підтримки часу виконання.

Тема 6. Принципи та етапи розробки паралельних алгоритмів та програм для вирішення трудомістких задач на багатопроцесорних системах та обчислювальних кластерах

Тема 7. Застосування загальної схеми проектування паралельних алгоритмів та програмного забезпечення для типових обчислювально складних завдань. Паралельні алгоритми матричних обчислень та оцінка ефективності їх імплементації на кластерних системах

Тема 8. Паралельні алгоритми ітераційного розв'язку систем лінійних рівнянь та оцінка ефективності їх імплементації багато поточної та на кластерних системах

Змістовний модуль 2. Технології створення програмного забезпечення для розподілених систем.

Тема 9. Технології, що підтримують концепцію розподілених об'єктних систем.

Тема 10. Проблеми взаємодії у розподілених системах при паралельному вирішенні задач.. Модель розподіленого обчислення. Синхронізація в розподілених системах

5. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	ср	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Семестр 1.2</i>						
Змістовний модуль 1. Технології та засоби розробки програмного забезпечення для високопродуктивних обчислень на паралельних системах з розподіленою та загальною пам'яттю.						
Тема 1. Огляд архітектури паралельних обчислювальних систем. Види паралелізму. Характеристики ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала та Густавсона-Барсіса. Комунаційна складність. Рекомендації щодо доцільності розробки програмного забезпечення для паралельного вирішення задачі.	10	2	2	2	-	4
Тема 2. Особливості розробки паралельних програм для систем з розподіленою пам'яттю. Стандарт MPI. Обмін повідомленнями. Типи функцій бібліотеки MPI та режими обміну даними. Функції бібліотеки для комунацій крапка-крапка, колективних комунацій та колективних обчислень.	12	2	2	2	-	6
Тема 3 Врахування особливостей задач при розробці паралельних застосунків з використанням можливостей бібліотеки MPI з конструювання нових типів даних, керування групами процесів та комунаціаторів, утворення віртуальних топологій.	16	2	2	2	-	10
Тема 4. Особливості програмування багатопоточних застосунків на багато процесорних системах із спільною пам'яттю. Стандарт OpenMP. Модель виконання. Конструкції для створення потоків, розподілу роботи між потоками, керування роботою з даними.	16	2	2	2	-	10
Тема 5. Особливості програмування багатопоточних застосунків з використанням конструкцій OpenMP для синхронізації потоків та процедур бібліотеки підтримки часу виконання.	16	2	2	2	-	10
Тема 6. Принципи та етапи розробки паралельних алгоритмів та програм для вирішення трудомістких задач на багато процесорних системах та обчислювальних кластерах	16	2	2	2	-	10
Тема 7. Застосування загальної схеми проектування паралельних алгоритмів та програмного забезпечення для типових обчислювально складних завдань. Паралельні алгоритми матричних обчислень та оцінка ефективності їх імплементації на кластерних системах	16	2	2	2		10
Тема 8. Паралельні алгоритми ітераційного розв'язку систем лінійних рівнянь та оцінка ефективності їх імплементації багато поточної та на кластерних системах	16	2	2	2		10
<i>Разом за змістовним модулем 1</i>	<i>118</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>70</i>

Змістовий модуль 2. Технології створення програмного забезпечення для розподілених систем.						
Тема 9. Технології, що підтримують концепцію розподілених об'єктних систем.	16	2	2	2	-	10
Тема 10. Проблеми взаємодії у розподілених системах при паралельному вирішенні задач.. Модель розподіленого обчислення. Синхронізація в розподілених системах	16	2	2	2	-	10
<i>Разом за змістовним модулем 2</i>	32	4	4	4	-	20
Усього годин	150	20	20	20		90

6. Теми практичних занять

№	Назва теми	Годин
1	Характеристики ефективності паралельних обчислень. Приклади обчислення часу та побудови розкладу виконання	2
2	Особливості інсталяції, налаштування середовища та виконання паралельних програм з функціями MPI на локальній машині та на кластері. Особливості налагодження MPI програм	2
3	Приклади завдань, вирішення яких потребує використання конструкторів типів, створення комунікаторів та віртуальних топологій	2
4	Приклад багатопоточної програми з використанням директив OpenMP. Модель виконання	2
5	Приклад багатопоточної програми з використанням директив OpenMP для синхронізації потоків та процедур	2
6	Аналіз варіантів декомпозиції та організації комунікацій для завдань з паралелізмом по даним. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик паралельних обчислень для типових схем	2
7	Аналіз варіантів декомпозиції для завдань матричних обчислень. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик паралельних обчислень для типових схем	2
8	Аналіз варіантів декомпозиції для завдань розв'язку систем лінійних рівнянь ітераційними методами. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик паралельних обчислень для типових схем	2
9	Особливості побудови розподілених застосувань з використанням технологій удаленого виклику процедур. Компоненти серверної та клієнтської частин. Сучасні реалізації технології	2
10	Особливості побудови розподілених застосувань з використанням технологій удаленого виклику методів. Компоненти серверної та клієнтської частин	2
	Усього	20

7. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Години
1	Порівняння часу виконання паралельного алгоритму обчислення складного оператора редукції для різних розкладів виконання \log product схем розпаралелювання на рівні операцій	2
2	Розробка MPI програм для вирішення завдань, що потребують комунікацій крапка-крапка, колективних та операцій редукції	2
3	Розробка MPI програм для вирішення завдань, що потребують створення віртуальних топологій	2
4	Розробка багатопоточних програм з використанням розпаралелювання циклів	2
5	Розробка багатопоточної програми з використанням директив синхронізації потоків OpenMP	2
6	Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують виконання векторних операцій	2
7	Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують виконання матричних операцій	2
8	Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують вирішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь	2
9	Знайомство з технологією Thrift. Встановлення та налаштування. Приклад розробки програмного коду клієнта	2
10	Приклад розробки програмного коду серверу згідно з технологією Thrift	2
	Усього	20

8. Самостійна робота

№	Види роботи	Години
1	Опрацювання лекцій	20
2	Вивчення додаткового матеріалу до лекцій	20
3	Підготовка до практичних занять	20
4	Підготовка до лабораторних робіт	30
	Усього годин	90

9. Методи навчання

Процес навчання дисципліни базується на використанні сучасних методів навчання: мультимедійні лекції, демонстрування, викладання-пояснення, практичні заняття та лабораторні роботи, метод проблемно-орієнтовного навчання, самостійне спостереження, запитання-бесіда, ілюстрування.

10. Методи контролю

- контроль рівня виконавських умінь для перевірки практичної підготовки;
- усне та письмове опитування;
- захист індивідуальних робіт;

– письмові екзаменаційні завдання.

Оцінювання проводиться за шкалою ЄКТС, національною та за шкалою ОНАЗ ім. О.С. Попова (100 бал.)

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота		Іспит	Сума
ЗМ1	ЗМ2		
48	12	40	100

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи, практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	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

12. Методичне, технічне й програмне забезпечення /обладнання

Презентації лекцій, комплекс навчально-методичного забезпечення дисципліни. При виконанні лабораторних робіт використовуються бібліотеки MPICH надбудова OpenMP для gcc (<http://www.mpich.org/>, openmp.org) в середовищі операційної системи Ubuntu.

Методичне забезпечення курсу: конспект лекцій, завдання для практичних та лабораторних робіт, презентаційні матеріали.

13.Рекомендована література

1. Thomas Rauber, Gudula Rünger Parallel Programming: for Multicore and Cluster Systems. Springer Science & Business Media. 2013. —508с.
2. Gaston C. Hillar. Professional Parallel Programming with C#. Master Parallel Extensions with .NET 4. — Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2011. — 547 p.
3. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс]: Учебное пособие. — М.: БИНОМ, 2015. — 345 с.
4. Энтони Уильямс. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. : Пер. с англ. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 672 с.
5. Борзунов С. В., Кургалин С. Д., Флегель А. В. Практикум по параллельному программированию: Учебное пособие. — СПб.: БХВ, 2017. — 236 с.
2. Качко Е. Г. Параллельное программирование: Учебное пособие. — Харьков: Изд-во "Форт", 2011. — 528 с.

12. Інформаційні ресурси

- http://parallel.ru/tech/tech_dev/OpenMP/examples/.
- OpenMP Architecture Review Board (<http://www.openmp.org/>).
- <https://www.mpi-forum.org/>
- <https://web.archive.org/web/20061004160142/http://www.parawiki.org/index.php/MPI>
- <https://www.open-mpi.org/>