

Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова

Кафедра «Комп'ютерні науки»

Назва курсу	Інженерія програмного забезпечення для паралельних та розподілених систем
Викладачі	к.т.н., доц. Вороной Сергій Михайлович
Контактний тел.	705 02 41
E-mail:	voronoy@onat.edu.ua
Консультації	ауд. 485, Чт. 15.00-16.00

1. Анотація до курсу

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.

2. Мета та завдання курсу

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.

3. Формат курсу

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.

4. Результати навчання

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.

5. Обсяг курсу

Вид заняття	лекції	практичні заняття	Лабораторні заняття	самостійна робота
К-сть годин	20	20	20	90

6. Ознаки курсу:

Рік викладання	семестр	спеціальність	Курс, (рік навчання)	Нормативний\вибірковий
2020	1.2	Інженерія програмного забезпечення	1	н

7. Технічне й програмне забезпечення /обладнання

Студенти отримують практичні навички розробки паралельних алгоритмів для вирішення обчислювально-складних задач, розробки паралельних програм з використанням стандартів MPI, OpenMP та бібліотек, що їх реалізують для багатопроцесорних систем,

8. Політики курсу

Для успішного проходження курсу та складання контрольних заходів необхідним є виконання наступних обов'язків:

- не запізнюватися на заняття;
- не пропускати заняття (як лабораторні, 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 лабораторні та 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.

9. Схема курсу

Тиж. / год.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) / Формат	Матеріали	Завдання (в тому числі тематика лабораторної роботи), год	Вага оцінки	Термін виконання
Тиж. 1-16 48 акад. год.	<p>Змістовний модуль 1. Технології та засоби розробки програмного забезпечення для високопродуктивних обчислень на паралельних системах з розподіленою та загальною пам'яттю.</p> <p>Тема 1. Огляд архітектур паралельних обчислювальних систем. Види паралелізму. Характеристики ефективності паралельних обчислень. Закони Амдала та Густавсона-Барсіса. Комунікаційна складність. Рекомендації щодо доцільності розробки програмного забезпечення для паралельного вирішення задачі.</p>	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.
1		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію: «Характеристики ефективності паралельних обчислень. Приклади обчислення часу та побудови розкладу виконання». 2 год.	2	1 тиж.
2		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати завдання лабораторної роботи: «Порівняння часу виконання паралельного алгоритму обчислення складного оператора редуції для різних розкладів виконання log product схем	3	1 тиж.

				розпаралелювання на рівні операцій», 2 год.		
3	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 комунікацій крапка-крапка, колективних комунікацій та колективних обчислень.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год.	1	1 тиж.
3		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію: «Особливості інсталяції, налаштування середовища та виконання паралельних програм з функціями MPI на локальній машині та на кластері. Особливості налагодження MPI програм». 2 год.	2	1 тиж.
4		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка MPI програм для вирішення завдань, що потребують комунікацій крапка-крапка, колективних та операцій редукації». 2 год.	3	1 тиж.

5	Тема 3 Врахування особливостей задач при розробці паралельних застосунків з використанням можливостей бібліотеки MPI з конструювання нових типів даних, керування групами процесів та комунікаторів, утворення віртуальних топологій.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація.	Передивитись презентацію, 2 год.	1	1 тиж.
5		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація, програми- приклад	Передивитись презентацію: «Приклади завдань, вирішення яких потребує використання конструкторів типів, створення комунікаторів та віртуальних топологій». Проаналізувати результат виконання програм- прикладів. 2 год.	2	1 тиж.
6		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка MPI програм для вирішення завдань, що потребують створення віртуальних топологій». 2 год.	3	1 тиж.
7	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.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.

7		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація, програми- прикладі	Передивитись презентацію: «Приклад багатопоточної програми з використанням директив OpenMP. Модель виконання.». Проаналізувати результат виконання програм прикладів. 2 год.	2	1 тиж.
8		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка багатопоточних програм з використанням розпаралелювання циклів». 2 год.	3	1 тиж.
9	Тема 5. Особливості програмування багатопоточних застосунків з використанням конструкцій OpenMP для синхронізації потоків та процедур бібліотеки підтримки часу виконання.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.
9		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація, програми- прикладі	Передивитись презентацію: «Приклад багатопоточної програми з використанням директив OpenMP для синхронізації потоків та процедур.». Проаналізувати результат виконання програм прикладів. 2 год.	2	1 тиж.
10		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи:	3	1 тиж.

				«Розробка багатопоточної програми з використанням директив синхронізації потоків OpenMP» . 2 год.		
11	Тема 6. Принципи та етапи розробки паралельних алгоритмів та програм для вирішення трудомістких задач на багатопроцесорних системах та обчислювальних кластерах.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год.	1	1 тиж.
11		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація,	Передивитись презентацію: «Аналіз варіантів декомпозиції та організації комунікацій для завдань з паралелізмом по даним. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик паралельних обчислень для типових схем». Приклади розрахунку прискорення, та ефективності. 2 год	2	1 тиж.
12		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують виконання векторних операцій». 2 год.	3	1 тиж.
13	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	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.

13		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація, прикладні програмних компонентів для базових операцій.	Передивитись презентацію: «Аналіз варіантів декомпозиції для завдань матричних обчислень. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик паралельних обчислень для типових схем». Вивчення прикладів реалізації компонентів ПЗ для типових завдань..2 год	2	1 тиж.
14		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують виконання матричних операцій». 2 год.	3	1 тиж.
15	Тема 8. Паралельні алгоритми ітераційного розв'язку систем лінійних рівнянь та оцінка ефективності їх імплементації багато поточної та на кластерних системах	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація, прикладні первинного коду	Передивитись презентацію,2 год	1	1 тиж.
15		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація, прикладні програмних компонентів для базових операцій.	Передивитись презентацію: «Аналіз варіантів декомпозиції для завдань розв'язку систем лінійних рівнянь ітераційними методами. Приклади вибору базових підзадач та обчислення характеристик	2	1 тиж.

				паралельних обчислень для типових схем». Вивчення прикладів реалізації компонентів ПЗ для типових завдань..2 год		
16		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати індивідуальне завдання лабораторної роботи: «Розробка паралельного алгоритму та MPI програми для завдань, що потребують вирішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь». 2 год.	3	1 тиж.
Тиж. 17-20 12 акад. год.	Змістовий модуль 2. Технології створення програмного забезпечення для розподілених систем. Тема 9. Технології, що підтримують концепцію розподілених об'єктних систем.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.
17		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація	Передивитись презентацію: «Особливості побудови розподілених застосувань з використанням технологій удаленого виклику процедур. Компоненти серверної та клієнтської частин. Сучасні реалізації технології». 2 год.	2	1 тиж.

18		Лабораторна робота <i>F2F</i>		Виконати лабораторну роботу: «Знайомство з технологією Thrift. Встановлення та налаштування. Приклад розробки програмного коду клієнта». 2 год.	3	1 тиж.
19	Тема 15. Проблеми взаємодії у розподілених системах при паралельному вирішенні задач.. Модель розподіленого обчислення. Синхронізація в розподілених системах.	Лекція, <i>F2F</i>	Презентація.	Передивитись презентацію, 2 год	1	1 тиж.
19		Практичне заняття, <i>F2F</i>	Презентація.	Передивитись презентацію: «Особливості побудови розподілених застосувань з використанням технологій видален. виклику методів. Компоненти серверної та клієнтської частин.». 2 год.	2	1 тиж.
20		Лабораторна робота <i>F2F</i>	Презентація	Виконати лабораторну роботу: «Приклад розробки програмного коду серверу згідно з технологією Thrift». 2 год.	3	1 тиж.

10. Система оцінювання та вимоги

Розподіл балів, які отримують студенти

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

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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	
74-81	C		
64-73	D		
60-63	E	задовільно	
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

11. 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.
6. Качко Е. Г. Параллельное программирование: Учебное пособие. — Харьков: Изд-во "Форт", 2011. — 528 с.

12 Інформаційні ресурси

- <http://www.mcs.anl.gov>
- <http://www.cacr.caltech.edu/>
- <http://netlib.org>.
- <http://www.netlib.org/utk/papers/mpi-book/mpi-book.html>
- <https://www.openmp.org/uncategorized/openmp-40/>