

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. декана факультету комп'ютерних наук

Свєгенія КОЛОВАНОВА
“ 30 ” червня 2023 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

Сучасні технології розробки програмного забезпечення для паралельних та розподілених систем

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 12 «Інформаційні технології»

спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

освітньо-наукова програма Комп'ютерні науки

вид дисципліни за вибором

факультет комп'ютерних наук

2023 / 2024 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою факультету комп'ютерних наук

«29» червня 2023 року, протокол № 14

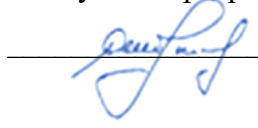
РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор ЗВО кафедри теоретичної та прикладної системотехніки **Толстолузька Олена Геннадіївна.**

Програму схвалено на засіданні кафедри теоретичної та прикладної системотехніки

«08» червня 2023 року, протокол № 13

Завідувач кафедри теоретичної та прикладної системотехніки



Сергій ШМАТКОВ.

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерні науки»

Гарант освітньої програми «Комп'ютерні науки»



Микола ТКАЧУК

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

«21» червня 2023 року, протокол № 12

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук



Лариса ВАСИЛЬСВА

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні технології розробки програмного забезпечення для паралельних та розподілених систем» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки» підготовки третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета викладання навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є надання здобувачам ступеня PhD сучасних знань та фахових компетентностей в галузі інформаційних технологій для розробки моделей, методів і технологій паралельного програмування для паралельних та розподілених систем.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- аналіз математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для розподілених обчислювальних систем;
- ознайомлення зі стандартом MPI передачі повідомлень для сучасних розподілених систем;
- ознайомлення з технологію PVM розробки паралельних програм для багатопроцесорних систем з розподіленою пам'яттю;
- вивчення математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для багатоядерних обчислювальних систем;
- ознайомлення з технологією Open MP паралельного програмування для багатопроцесорних обчислювальних систем з загальною пам'яттю;
- отримання навичок розробки паралельних Open MP програм для багатопроцесорних систем з загальною пам'яттю;
- розгляд основних паралельних алгоритмів для рішення типових задач обчислювальної математики.

Окрема увага приділяється питанням розробки засобів автоматичного розпаралелення алгоритмів на основі сучасних наукових підходів.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися такі компетентності.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок державною та іноземною (англійською або

іншими) мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у галузі комп'ютерних наук, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в комп'ютерних науках.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
3-й	-й
Лекції	
30 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
30 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.
Самостійна робота	
60 год.	год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми, аспіранти мають досягти таких результатів навчання:

знати:

- мету й задачі паралельної обробки даних;
- принципи побудови паралельних обчислювальних систем;
- моделювання й аналіз паралельних обчислень;
- принципи розробки паралельних алгоритмів і програм;
- системи розробки паралельних програм;
- паралельні чисельні алгоритми для рішення типових задач обчислювальної математики.

вміти:

- розробляти моделі паралельних обчислень;
- проводити аналіз комунікаційної трудомісткості паралельних алгоритмів;

- застосовувати технологію розробки паралельних програм для багатопроцесорних систем з розподіленою пам'яттю (стандарт передачі повідомлень MPI);
- застосовувати технологію розробки паралельних програм для багатопроцесорних систем з загальною пам'яттю (Open MP);
- оцінювати ефективність розроблених паралельних програм, враховуючи основні показники ефективності: час виконання паралельної програми, прискорення, ефективність та вартість розв'язувати задачі апроксимації, оптимізації;
- вміти адаптувати паралельні програми для виконання на кластерних системах.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Аналіз математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для розподілених обчислювальних систем та систем з загальною пам'яттю.

Тема 1. Мета й задачі паралельної обробки даних.

Послідовна та паралельна моделі програмування. Модель задача/канал. Модель з передачею повідомлень. Модель з паралелізмом. Закони Амдала. даних. Кількісні характеристики паралелізму. Модель обчислень у вигляді графу «операції-операнди».

Тема 2. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем.

Сучасні класифікації обчислювальних систем. Класифікація Фліна. Багатопроцесорні системи з загальною пам'яттю. Багатомашинні обчислювальні системи.

Кластерний підхід до забезпечення високої готовності й нарощуванню продуктивності комп'ютерів.

Тема 3. Моделювання й аналіз паралельних обчислень.

Аналіз комунікаційної трудомісткості основних операцій передачі даних. Представлення кільцевої топології в вигляді решітки та гіперкубу. Оцінка комунікаційної трудомісткості основних операцій передачі даних для кластерних систем.

Розділ 2. Сучасні технології паралельного програмування багатопроцесорних систем з розподіленою та загальною пам'яттю.

Тема 1. Принципи розробки паралельних алгоритмів і програм.

Паралельні чисельні алгоритми для рішення типових задач обчислювальної математики.

Тема 2. Системи розробки паралельних програм.

Технологія паралельного та розподіленого програмування Message Passing Interface, MPI. Введення в паралельне програмування з використанням Parallel Virtual Machine, PVM. Технологія паралельного програмування для багатоядерних обчислювальних систем Open MP.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	денна форма		заочна форма	
	усього	у тому числі	усього	у тому числі

		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Розділ 1. Аналіз математичних моделей, методів і технологій паралельного програмування для розподілених обчислювальних систем та систем з загальною пам'яттю.												
Тема 1. Мета й задачі паралельної обробки даних.	14	2	2			10						
Тема 2. Принципи побудови паралельних обчислювальних систем.	14	2	2			10						
Тема 3. Моделювання й аналіз паралельних обчислень.	14	2	2			10						
Разом за розділом 1	42	6	6			30						
Розділ 2. Сучасні технології паралельного програмування багатопроцесорних систем з розподіленою та загальною пам'яттю.												
Тема 1. Принципи розробки паралельних алгоритмів і програм.	18	4	4			10						
Тема 2. Системи розробки паралельних програм.	60	20	20			20						
Разом за розділом 2	78	24	24			30						
Усього годин	120	30	30			60						

4. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи передачі даних типу “ крапка -крапка” в MPI.	2
2	Колективні операції передання даних.	2
3	Розробка паралельної моделі алгоритму та оцінка показників прискорення й ефективності паралельних обчислень.	2
4	Колективні обміни даними між MPI-процесами.	2
5	Управління процесами в MPI	2
6	Модель паралельної програми в PVM	2
7	Модель паралельної програми в Open MP	4
8	Дослідження та порівняльний аналіз продуктивності MPI та Open MP програм для методу Сімпсона обчислення визначених інтегралів	4
9	Дослідження та порівняльний аналіз продуктивності MPI та Open MP програм методу трапецій обчислення визначених інтегралів.	4
10	Дослідження та порівняльний аналіз продуктивності MPI та Open MP програм методу молекулярної динаміки	6
	Разом	30

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Основні правила роботи в середовищі програмування Visual Studio 2019. Розгортання проекту.	5
2	Процедури двокрапкового обміну в MPI.	5
3	Розробка паралельних MPI - програм з використанням двокрапкового обміну.	10
4	Оцінка показників прискорення й ефективності паралельних обчислень з використанням двокрапкового обміну.	10
5	Розгортання програмного проекту по технології Open MP в програмному середовищі.	10
6	Розробка програмного проекту управління процесами в MPI	10
7	Розробка програмного проекту управління процесами в PVM	10
	Разом	60

6. Індивідуальні завдання

(не має)

7. Методи навчання

Як правило лекційні та практичні заняття проводяться аудиторно. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторно або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

8. Методи контролю

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:

- прийому та оцінювання звітів з виконання практичних робіт;
- проведення тестування за результатами відпрацювання основних положень навчальної програми;
- проведення письмового підсумкового контролю знань.

Максимальна кількість балів за результатами контролю поточної успішності складає 60 балів.

Згідно рішення методичної комісії кафедри теоретичної та прикладної системотехніки факультету комп'ютерних наук до екзаменів не допускаються аспіранти, які мають заборгованість по практичним роботам.

Підсумковий контроль здійснюється шляхом проведення екзамену.

Екзаменаційний білет включає два теоретичних і одне практичне питання. Теоретичні питання оцінюються в 10 балів кожен, практичний - в 20.

Максимальна кількість балів за результатами екзамену складає 40 балів.

9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання					Контрольні роботи, передбачені навчальним планом	Курсова робота	Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1			Розділ 2						
T1	T2	T3	T4	T5	2				
10	10	10	10	20	0	0	60	40	100

T1, T2 ... – теми розділів.

За темою T 1 аспірант отримує 10 балів за виконання практичної роботи 1,2.

За темою T 2 аспірант отримує 10 балів за виконання практичної роботи 3,4.

За темою T 3 аспірант отримує 10 балів за виконання практичної роботи 5.

За темою T 4 аспірант отримує 10 балів за виконання практичної роботи 6,7.

За темою T 5 аспірант отримує 20 балів за виконання практичної роботи 8.

Критерії оцінювання знань аспірантів за практичні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела. ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє вміннями творчо-пошукової діяльності. 	10
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача. ▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації; ▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє вміннями творчо-пошукової діяльності. 	6
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача. ▪ Аспірант може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях. 	3
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача. ▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами; ▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань. 	1

Критерії оцінювання залікових робіт аспірантів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20

Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Quinn, M. J. (2004). *Parallel Programming in C with MPI and OpenMP*. – New York, NY: McGraw-Hill.
2. Grama, A., Gupta, A., Kumar V. (2003, 2nd edn.). *Introduction to Parallel Computing*. – Harlow, England: Addison-Wesley.
3. Pacheco, P. (1996). *Parallel Programming with MPI*. - Morgan Kaufmann.
4. Chandra, R., Dagum, L., Kohr, D., Maydan, D., McDonald, J., and Melon, R. (2000). *Parallel Programming in OpenMP*. Morgan Kaufmann Publishers.
5. Culler, D., Singh, J.P., Gupta, A. (1998) *Parallel Computer Architecture: A Hardware/Software Approach*. - Morgan Kaufmann.
6. Tanenbaum, A. (2001). *Modern Operating System*. 2nd edn. – Prentice Hall .

Допоміжна література

1. Glass R.L. Extrime programming the good, the bad. and the bottom line / R.L. Glass // *IEEE. Software*. - 2001, - Vol.18, n.7. - P.11 -P. 112,- 111 - 112.
2. Georgiadou E. Software Process and Product Improvement: A Historical Perspective / E. Georgiadou // *Кибернетика и системный анализ*. - 2003. № 1, - P. 147 – 177.
3. Jacobson I. *The Unified Software Development Process* / I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh. - Addison-Wesley, 1999. - 310 p.
4. Jonsson P. *Software Reuse. Architecture. Process and Organization for Business Success*. Person Education Asia / P. Jonsson. - 2002. — 497 p
5. Martin J. *Rapid Application Development* / J. Martin. -Macmillan, 1991. -250 p.
6. Perry D. *Models of Software Development Environments* / D. Perry, G. Kaiser // *IEEE Trans. On Soft. Engin*. - 1991. - Vol. 17, n. 3.-P. 283-295.
7. Pricto-Diaz R. *Domain Analysis: An Introduction II Software engineering notes* /R. Pricto-Diaz. - 1990. - Vol, 15, №. 2.- P. 47 - 54.
8. Railich V. *Software cultures and evolution* / V. Railich, N. Wilde // *Computer*. 2001. - Sept. - P.25 - 28.
9. Rombach H.D, *Software specifications: a framework* / H. D. Rombach. - Carnegie mullon Univ: SET, 1990. - 30 p.
10. Rajlich W. *A stage Model for the Software Life Cycle* / W. Rajlich, K. Bennett // *Computer*. - 2000. - July. - P. 77 - 70.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <http://www.cs.wisc.edu/condor/>
2. <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/>
3. <http://www.Distributed.net/>
4. <http://mersenne.org/>
5. <http://www.globus.org/>
6. <http://www.eu-datagrid.org/>