

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Кафедра прикладної математики та інформатики



Проректор з науково-педагогічної і
навчально-виробничої роботи та рекрутації
проф. Гаврилюк С. В. *С.В.Г.*
Протокол № 1 від «18» вересня 2019 р.
№3418092019

ПРОГРАМА
нормативної навчальної дисципліни
“МУЛЬТИПРОЦЕСОРНІ СИСТЕМИ”

підготовки магістра
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
освітньої програми Комп'ютерні науки та інформаційні технології

підготовки магістра
спеціальності 014.09 Середня освіта
освітньої програми Інформатика

Луцьк 2019

Програма навчальної дисципліни “Мультипроцесорні системи” для студентів галузі знань 12 Інформаційні технології, спеціальності 122 Комп’ютерні науки за освітньою програмою Комп’ютерні науки та інформаційні технології та студентів галузі знань 01 Освіта, спеціальності 014.09 Середня освіта за освітньою програмою Інформатика.

Розробник: доцент кафедри прикладної математики та інформатики,
канд. фіз.-мат. наук, доцент,

Булатецький В. В.

Рецензент: доцент кафедри прикладної математики та інформатики,
канд. фіз.-мат. наук,

Собчук О. М.

Програма навчальної дисципліни затверджена на засіданні кафедри прикладної математики та інформатики, протокол №1 від 30.08.2019 р.

Завідувач кафедри: _____ (Чепрасова Т. І.)

Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною комісією факультету інформаційних систем, фізики та математики, протокол №1 від 02.09.2019 р.

Голова науково-методичної комісії факультету _____ (Полетило С. А.)

Програма навчальної дисципліни схвалена науково-методичною радою Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

протокол № ____ від ____ . ____ . 20__ р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Таблиця 1

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь, ОКР	Характеристика навчальної дисципліни
		Нормативна
Денна форма навчання	Галузь знань 12 Інформаційні технології, спеціальність 122 Комп'ютерні науки, освітня програма Комп'ютерні науки та інформаційні технології, освітній ступінь магістр.	Рік підготовки 5
Кількість годин /кредитів 120/4		Семестр 9
		Лекції 26 год.
		Лабораторні 20 год.
		Самостійна робота 66 год.
ІНДЗ: нема	Консультації 8 год.	
	Галузь знань 01 Освіта, спеціальність 014.09 Середня освіта, освітня програма Інформатика, освітній ступінь магістр.	Форма контролю: екзамен

2. АНОТАЦІЯ КУРСУ

Дисципліна “Мультипроцесорні системи” належить до переліку нормативних навчальних дисциплін за освітнім рівнем ”магістр” циклу навчальних дисциплін професійної та практичної підготовки. Предметом вивчення навчальної дисципліни є основи архітектури та особливості програмування багатопроцесорних систем. Векторно-конвеєрні суперкомп'ютери. Симетричні мультипроцесорні системи (SMP). Системи з масовим паралелізмом (MPP). Кластерні системи. Паралельне програмування на MPP системах. Загальна організація MPI. Базові функції MPI.

Мета навчальної дисципліни: Метою викладання навчальної дисципліни “Мультипроцесорні системи” є ознайомити студентів із структурою сучасних багатопроцесорних ЕОМ та принципом її роботи на апаратному та програмному рівнях. Основними завданнями вивчення дисципліни “Муль-

типроцесорні системи” є вивчення основних типів архітектури багатопроцесорних систем, засобів програмування МРІ для основних типів архітектури багатопроцесорних систем.

Програмні результати навчання:

Магістр повинен знати особливості абстрактної архітектури мультипроцесорних комп’ютеризованих систем, апаратних платформ та програмних середовищ, що відповідають їх архітектурі, базових технологій розробки програмного забезпечення мультипроцесорних комп’ютеризованих систем.

Магістр повинен вміти досліджувати абстрактну архітектуру (логічну модель) мультипроцесорної комп’ютеризованої системи, вміти відокремлювати основні архітектурні компоненти, описувати їх функції, зв’язки між ними та правила, що регламентують ці зв’язки в основних типах архітектури багатопроцесорних систем. Вміти проводити верифікацію архітектурних рішень та оцінювати їх ефективність. Вміти визначати апаратну платформу та програмне середовище, що відповідають обраній архітектурі. Вміти використовувати програмні методи та засоби підтримки проектування.

3. КОМПЕТЕНЦІЇ

До кінця навчання студенти будуть компетентними у таких питаннях:

<i>Код</i>	Системні компетентності
СК-1	Здатність учитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної.
СК-2	Здатність застосовувати професійні знання й уміння на практиці.
СК-3	Здатність гнучко адаптуватися до різних професійних ситуацій, проявляти творчий підхід, ініціативу.
СК-4	Здатність критично оцінювати й переосмислювати накопичений досвід (власний і чужий), аналізувати свою професійну й соціальну діяльність.
СК-5	Здатність вести дослідницьку діяльність, включаючи аналіз проблем, вибір способу й методів дослідження, а також оцінку якості результатів.

<i>Код</i>	Інструментальні компетентності
ІК-1	Здатність вирішувати проблеми в професійній діяльності на основі аналізу й синтезу.
ІК-2	Здатність працювати з інформацією: знаходити, оцінювати й використовувати інформацію з різних джерел, потрібну для розв’язання професійних завдань.

<i>Код</i>	Інструментальні компетентності
ІК-3	Здатність використовувати в професійній діяльності базові знання в галузі точних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук.
ІК-4	Здатність ефективно будувати комунікацію, виходячи з цілей і ситуації спілкування.
ІК-5	Здатність ефективно використовувати комп'ютерні та інформаційні технології в професійній діяльності.

<i>Код</i>	Соціально-особистісні компетентності
СОК-2	Здатність до усвідомленого визначення цілей у професійному й особистісному розвитку.
СОК-3	Здатність до соціальної й професійної взаємодії та співпраці.

<i>Код</i>	Фахові компетентності
Діяльність із застосування математичних методів	
ПК-2	Здатність математично формалізувати постановку завдання.
ПК-3	Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання практичних задач дослідження, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.
Проектувальна діяльність	
ПК-4	Здатність розробляти алгоритми та структури даних, програмні засоби та програмну документацію.
ПК-5	Здатність проектувати бази даних, інформаційні системи та ресурси.
Технологічна діяльність	
ПК-6	Здатність працювати з комп'ютерною технікою, комп'ютерними мережами та Інтернетом, в середовищі сучасних операційних систем, з використанням стандартних офісних додатків.
ПК-7	Здатність експлуатувати та обслуговувати програмне забезпечення автоматизованих та інформаційних систем різного призначення.
ПК-8	Здатність оволодіти сучасними технологіями програмування та тестування програмного забезпечення.
ПК-9	Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.
Науково-дослідна діяльність	

<i>Код</i>	Фахові компетентності
ПК-12	Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.
ПК-13	Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.
ПК-14	Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.
ПК-15	Здатність брати участь у складанні наукових звітів із виконаних науково-дослідних робіт та у впровадженні результатів проведених досліджень і розробок.
ПК-16	Здатність до ефективної професійної письмової й усної комунікації українською мовою та однією з поширених європейських мов.

<i>Код</i>	Результати навчання
	<i>Когнітивна сфера</i> (знання з предметної області, уміння та навички)
РН1	Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці.
РН2	Володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь математичної фізики, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами, методами оптимізації, методами аналізу даних.
РН3	Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.
РН4	Виконувати математичний опис, аналіз та синтез дискретних об'єктів та систем, використовуючи поняття й методи дискретної математики та теорії алгоритмів.
РН5	Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.
РН9	Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделю-

	вання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.
PH10	Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.
	Ціннісно-мотиваційна сфера
PH15	Виявляти здатність до самонавчання та продовження професійного розвитку.
PH16	Уміти організувати власну діяльність та одержувати результат у рамках обмеженого часу.

4. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Програма навчальної дисципліни складається з таких **змістових модулів**:

1. Архітектури мультипроцесорних систем;
2. Програмування мультипроцесорних систем.

Структуру навчальної дисципліни подано в таб. 2.

Таблиця 2

Тема	Кількість годин, відведених на:				
		Лекції	Лаб.	Конс.	Сам. роб.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Архітектури мультипроцесорних систем					
Тема 1. Введення в архітектури мультипроцесорних обчислювальних систем.	11	4	2		5
Тема 2. Багатопроцесорна обчислювальна система nCube2.	12	4	2	1	5
Тема 3. Високопродуктивний обчислювальний кластер.	12	4	2		6
Змістовий модуль 2. Програмування мультипроцесорних систем.					
Тема 4. Коротка характеристика засобів програмування мультипроцесорних систем.	13	2	2	1	8
Тема 5. Високопродуктивні обчислення на MPP системах.	9	2		1	6
Тема 6. Засоби паралельного програмування на nCube2.	13	2	2	1	8
Тема 7. Загальна організація MPI. Базові функції MPI.	11	2		1	8
Тема 8. Комунікаційні операції типу точка-точка.	11	2	2	1	6

Тема 9. Колективні операції.	15	2	4	1	8
Тема 10. Передача довільних типів даних	13	2	4	1	6
Всього годин	120	26	20	8	66

5. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних робіт	14
2	Опрацювання лекційного матеріалу	18
3	Оформлення результатів лабораторних робіт	6
4	Систематизація здобутих знань перед екзаменом	18
5	Робота з літературою в бібліотеці	10
	Разом	66

6. РОЗПОДІЛ БАЛІВ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Дисципліна складається з двох змістових модулів та її вивчення передбачає виконання лабораторних робіт. У цьому випадку підсумкова оцінка за 100-бальною шкалою складається із сумарної кількості балів за:

- поточне оцінювання з відповідних тем (максимум 40 балів);
- модульні контрольні роботи (максимум 60 балів) (МКР 1 – письмова, МКР 2 – письмова).

Поточний контроль (мах = 40 балів)								Модульний контроль (мах. 60 балів)		Загальна кількість балів
Модуль 1								Модуль 2		
Змістовий модуль 1		Змістовий модуль 2						МКР 1	МКР 2	
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	30	30	100
5	5	5	5	5	5	5	5			

Шкала оцінювання (національна та ECTS)

Сума балів за всі види навча- льної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової робо- ти (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	Відмінно	Зараховано
82 – 89	B	Добре	

75 - 81	C		
67 -74	D	Задовільно	
60 - 66	E		
1 – 59	Fx	Незадовільно	Незараховано (з можливістю повторного складання)

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Букатов А. А. Программирование многопроцессорных вычислительных систем / А. А. Букатов, В. Н. Дацюк, А. И. Жегуло. — Ростов-на-Дону. : Издательство ООО “ЦВВР”, 200. — 208 с.
2. Немнюгин С. А. Средства программирования для многопроцессорних вічислительних систем / С. А. Немнюгин. – СПб. : Санкт-етербургский государственній университет, 2007. — 88 с.
3. Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах // Материалы пятого Международного научно-практического семинара / Под ред. проф. Р.Г. Стронгина. Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2005. —253 с.
4. Технические характеристики современных серверов [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://bourabai.kz/dbt/servers/glava_11.htm
5. Приложение. Современные микропроцессоры [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://citforum.ru/database/skbd/glava_18.shtml
6. Особенности архитектуры MIPS компании MIPS Technology [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://citforum.ru/hardware/app_kis/glava_54.shtml
7. Многопроцессорные системы [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://bourabai.kz/dbt/servers/glava_10.htm
8. Энслоу Ф.Г. Мультипроцессорные системы и параллельные вычисления / Ф. Г. Энслоу, пер. с англ. Ю.С. Голубева-Новожилова, А.Л. Щерса. — М. : Мир, 1976. — 384 с.
9. Бикташев Р.А. Многопроцессорные системы. Архитектура, топология, анализ производительности : Учебное пособие / Р.А. Бикташев, В.С. Князьков. — Пенза : Пенз. гос. ун-т, 2003. — 103 с.
10. Гэри М., Вычислительные машины и труднорешаемые задачи / М. Гэри, Д. Джонсон / — М. : Мир, 1982. — 416 с.
11. Воеводин Вл. В. Легко ли получить обещанный гигафлоп? / Вл. В. Воеводин // Программирование. — 1995. — № 4. — С. 13–23.
12. Воеводин В. В. Параллельные вычисления / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. — СПб. : БХВ-Петербург, 2002. — 600 с.
13. Home OpenMP [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.openmp.org>

14. Л. С-DVM – язык разработки мобильных параллельных программ / Н. А. Коновалов, В. А. Крюков, А. А. Погребцов, Ю. Сазанов // Программирование. — 1999. — № 1. — С. 20–28.
15. Amdahl G. Validity of the single-processor approach to achieving large-scale computing capabilities / G. Amdahl // Proc. 1967 AFIPS Conf., AFIPS Press. — 1967. — Vol. 30. — P. 483.
16. MPI: The Message Passing Interface [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://parallel.ru/tech/tech_dev/mpi.html
17. ScaLAPACK – Scalable Linear Algebra PASCAGE [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.netlib.org/scalapack>
18. Aztec. A Massively Parallel Iterative Solver Library for Solving Sparse Linear Systems [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.cs.sandia.gov/CRF/aztec1.html>
19. Специализированные параллельные библиотеки [Электронный ресурс] — Режим доступа : http://parallel.ru/tech/tech_dev/par_libs.html
20. Ясько, М.М. Навчальний посібник до вивчення курсів “Паралельна обробка даних” та “Мови обчислень та кластерні системи” [Текст] / М. М.Ясько. – Д. : РВВ ДНУ, 2010. – 76с.
21. Таненбаум Э. Современные операционные системы. / Э. Таненбаум. – 3-е изд., СПб. : Питер, 2011. —1120 с.
22. Головинський А.Л. Архітектура багатопроцесорних обчислювальних систем / А.Л. Головинський [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://masters.donntu.org/2012/fknt/volokhova/library/article1.htm>
23. Эндрюс Г. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования / Г. Эндрюс. — М. : Изд. Дом «Вильямс», 2003. — 512 с.
24. MIMD компьютеры [Электронный ресурс] — Режим доступа : <http://www.ccas.ru/paral/mimd/mimd.html>

8. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ДО ЕКЗАМЕНУ

1. Введення в архітектури й засоби програмування мультипроцесорних обчислювальних систем. Огляд архітектур мультипроцесорних обчислювальних систем.
2. Векторно-конвейєрні суперкомп'ютери. Симетричні мультипроцесорні системи (SMP). Системи з масовим паралелізмом (MPP). Кластерні системи. Класифікація обчислювальних систем.
3. Коротка характеристика засобів програмування мультипроцесорних систем. Системи із спільною пам'яттю. Системи з розподіленою пам'яттю.
4. Високопродуктивні обчислення на MPP системах. Паралельне програмування на MPP системах. Ефективність паралельних програм. Використання високопродуктивних технологій.

5. Мультипроцесорна обчислювальна система nCube2. Загальний опис обчислювальної системи. Структура програмного забезпечення nCube2. Робота на мультипроцесорній системі nCube2.
6. Одержання інформації про систему й керування процесами. Засоби паралельного програмування на nCube2. Бібліотека підпрограм хост-комп'ютера для взаємодії з паралельними програмами
7. Високопродуктивний обчислювальний кластер. Архітектура обчислювального кластера. Система пакетної обробки завдань обчислювального кластера.
8. Середовище паралельного програмування MPI. Загальна організація MPI. Базові функції MPI.
9. Комунікаційні операції типу точка-точка. Огляд комунікаційних операцій типу точка-точка. Блокуючі та неблокуючі комунікаційні операції.
10. Колективні операції. Огляд колективних операцій. Функції. Суміщенні колективні операції. Глобальні обчислювальні операції.
11. Похідні типи даних та передача запакованих даних.
12. Робота з групами та комунікаторами.
13. Топологія процесів. Основні поняття, декартова топологія.
14. Приклади програм: обчислення числа "Пі". Множення матриць. Розв'язок крайової задачі методом Якобі.
15. Сучасні багатоядерні системи
16. Багатоядерні графічні системи.