

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Костромской государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И
РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ**

Направление подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии»

Направленность «Руководство разработкой программного обеспечения»

Квалификация выпускника: магистр

**Кострома
2023**

Рабочая программа дисциплины «Параллельные вычисления и распределенные вычисления» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению 09.04.02 Информационные системы и технологии, утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. N 917

Разработал: Панин И.Г., профессор кафедры информационных систем и технологий, д.т.н., доцент

Рецензент: Денисов А.Р., профессор кафедры информационных систем и технологий, д.т.н., доцент

ПРОГРАММА УТВЕРЖДЕНА:

На заседании кафедры информационных систем и технологий:

Протокол заседания кафедры № «_6_» от _27.04.2023_г.

Заведующий кафедрой информационных систем и технологий:

Киприна Л.Ю., к.т.н., доцент

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины: получение слушателями представления о принципах распараллеливания вычислительных процессов, языках программирования, используемых для распараллеливания, прикладных пакетах и инструментах создания параллельных программ, их тонкой настройки и оптимизации в целях создания высокоэффективного программного обеспечения и методик параллельных вычислений для новых моделей вычислительных систем

Задачи дисциплины: знакомство с основными направлениями в области организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах; знакомство с технологиями параллельного программирования; приобретение навыков параллельного программирования с использованием интерфейса передачи сообщений; знакомство с технологией параллельного программирования на системах с общей оперативной памятью; знакомство с технологией параллельных вычислений на графических процессорах; приобретение навыков распараллеливания алгоритмов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Освоить компетенции:

ОПК-2: Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач;

ОПК-7: Способен разрабатывать и применять математические модели процессов и объектов при решении задач анализа и синтеза распределенных информационных систем и систем поддержки принятия решений;

Индикаторы освоения компетенции:

ОПК-2.1: знать языки программирования, применяемые для распараллеливания вычислений

ОПК-2.2: уметь находить наиболее подходящие средства для увеличения производительности вычислений

ОПК-2.3 владеть современными методами распараллеливания алгоритмов и программ для решения поставленных задач

ОПК-7.1: знать модели систем, используемые для распараллеливания вычислений

ОПК-7.2: уметь применять параллельные вычисления при решении задач поддержки принятия решений

ОПК-7.3: владеть методами отладки и тестирования параллельно работающих программ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать: основные языки программирования, операционные системы и оболочки, позволяющие разрабатывать параллельно работающие программные модули

уметь: применять языки программирования и современные программные среды для параллельно работающих программных модулей прикладных задач различных

классов владеть: навыками программирования, отладки и тестирования параллельно работающих программных модулей программно-технических комплексов задач

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Изучается в 1 семестре обучения.

Изучение дисциплины основывается на ранее освоенных дисциплинах/практиках:

- математика;
- вычислительные методы,
- программирование на различных языках.

Изучение дисциплины является основой для освоения последующих дисциплин/практик:

- проектирование информационных систем;
- программное обеспечение компьютерных комплексов,
- искусственный интеллект и экспертные системы,
- проведение вычислительных экспериментов
- подготовка и защита ВКР.

4. Объем дисциплины

4.1. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием академических (астрономических) часов и виды учебной работы

Виды учебной работы,	Очная форма
Общая трудоемкость в зачетных единицах	5
Общая трудоемкость в часах	180
Аудиторные занятия в часах, в том числе:	48,25
Лекции	16
Практические занятия	
Лабораторные занятия	32
ИКР	0,25
Самостоятельная работа в часах	131,75
Форма промежуточной аттестации	зачет

4.2. Объем контактной работы на 1 обучающегося

Виды учебных занятий	Очная форма
Лекции	16
Практические занятия	
Лабораторные занятий	32
Консультации	0,25
Зачет/зачеты	
Экзамен/экзамены	
Курсовые работы	

Курсовые проекты	
Всего	48,25

5. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам), с указанием количества часов и видов занятий

5.1 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела, темы	Всего з.е. /час	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические	Лаб.	
1	Введение. Цели, задачи параллельных вычислений.		2			5
2	Проблемы параллельных вычислений		2			5
3	Этапы подготовки и создания параллельных программ		1			5
4	Модель параллельных вычислений в виде сети Петри		1		4	5
6	Технология программирования OpenMP		4		14	48
7	Интерфейс передачи сообщений MPI		4		14	48
8	Технология CUDA		2			4
9	Подготовка к зачету					11,75
	Итого:		16		32	131,75

5.2. Содержание:

1. Введение. Цели, задачи параллельных вычислений. Ограничения максимальной производительности однопроцессорных ЭВМ. Параллельные и распределенные вычисления и их техническая основа – вычислительные кластеры, ГРИД-системы и суперкомпьютеры. История развития параллельных вычислительных систем, виды параллелизма
2. Проблемы параллельных вычислений. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ. Конвейерные и векторные вычисления. Многопроцессорные вычислительные системы с общей и распределенной памятью (мультипроцессоры и мультикомпьютеры). Классификация архитектур многопроцессорных вычислительных систем. Основные технологии распараллеливания программ. Закон Амдаля (о существовании последовательных алгоритмов). Закон Мура (о росте производительности последовательных компьютеров). Закон Гроша (о высокой стоимости параллельных систем). Гипотеза Минского (о влиянии потерь на взаимодействие на степень ускорения параллельных вычислений по сравнению с последовательными).
3. Этапы подготовки и создания параллельных программ. Возможные схемы взаимодействия ветвей параллельных алгоритмов и типовые топологии схем коммутации – кольцо, линейка, решетки, полный граф, гиперкуб, тор, дерево.
4. Модель параллельных вычислений в виде сети Петри. Основные понятия теории сетей Петри. Использование сетей Петри для описания параллельных вычислений. Основные

проблемы параллельных вычислений: синхронизация, взаимное исключение, блокировка (тупики). Модель параллельных вычислений в виде графа "процесс-ресурс".

5. Технология программирования OpenMP. Последовательные и параллельные нити программы. Организация параллельных секций. Параллельные циклы. Директивы и функции. Синхронизация. Классы переменных. Спецификации OpenMP для языков Fortran или C и C++.

6. Интерфейс передачи сообщений MPI. Общие принципы построения и реализации MPI. Разработчики, история создания. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ, наличие общих функций MPI, коммутаторы. Функции обмена сообщениями типа «точка-точка»: блокирующий и неблокирующий обмен, синхронные и стандартные посылки сообщений. Предотвращение тупиков. Коллективные функции обмена данными: широковещательная рассылка, функции сбора и рассыпания данных. Функции редукции данных. Создание групп процессов, области связи, коммутаторы. Обмен данными внутри группы, межгрупповой обмен. Топология обменов. Декартовы топологии. Топологии произвольного графа. Примеры параллельных программ на основе обработки массивов.

7. Технология CUDA. GPU как массивно-параллельный процессор. Модель программирования CUDA. Иерархия памяти CUDA. Глобальная память. Параллельные решения задач умножения матриц и решения СЛАУ. Разделяемая память. Реализация примитивов параллельного суммирования (reduce) и префиксной суммы (scan) на CUDA.

6. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины

6.1. Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Задание	Часы	Методические рекомендации по выполнению задания	Форма контроля
1.	Введение. Цели, задачи параллельных вычислений.	Изучить материалы лекции	5	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу	Контрольная работа
2.	Проблемы параллельных вычислений	Изучить материалы лекции	5	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу	Контрольная работа
3	Этапы подготовки и создания параллельных программ	Изучить материалы лекции	5	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу	Контрольная работа
4	Модель параллельных вычислений в виде сети Петри	Изучить материалы лекции	5	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу Выполнить задания, используя материалы лекций. Подготовить отчет по л/р	Контрольная работа Проверка выполнения заданий
6	Технология программирования	Изучить материалы	48	Использовать материалы лекций и рекомендованную	Контрольная работа

	ия OpenMP	лекции. Выполнение заданий по вариантам		литературу. Выполнить задания, используя материалы лекций. Подготовить отчет по л/р	Проверка выполнения заданий
7	Интерфейс передачи сообщений MPI	Изучить материалы лекции. Выполнение заданий по вариантам	48	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу. Выполнить задания, используя материалы лекций. Подготовить отчет по л/р	Контрольная работа Проверка выполнения заданий
8	Технология CUDA	Изучить материалы лекции.	4	Использовать материалы лекций и рекомендованную литературу.	Контрольная работа
14	Подготовка к зачету	Изучение всех лекций и выполнение всех лабораторных работ	11,75	Использование материалов лекций, лабораторных работ и рекомендованной литературы	

6.3. Тематика и задания для лабораторных занятий

Построение моделей параллельных вычислений в виде сетей Петри.

Изучение параллельных языков программирования.

OpenMP: Первая параллельная программа. Компиляция и запуск программ. Директивы OpenMP, Переменные окружения. Библиотечные функции. Средства синхронизации. Расширенные возможности. Отладка, трассировка, профилирование параллельных программ, оптимизация.

MPI: Первая параллельная программа. Компиляция и запуск программ. Тестирование коммуникационной среды кластера. Тестирование производительности кластера. Передача данных с помощью блокирующих коммуникационных функций типа “Точка-Точка”. Другие виды передачи данных с помощью коммуникационных функций типа “Точка-Точка”. Одновременная передача данных. Коллективные операции. Глобальные вычислительные операции. Создание производных типов данных. Передача упакованных данных. Работа с группами и коммутаторами, создание виртуальных топологий. Отладка, трассировка, профилирование параллельных программ, оптимизация. Сравнение теоретических оценок эффективности распараллеливания с полученными численными оценками.

Реализация простейших параллельных алгоритмов матричной алгебры. MPI, OpenMP,

7. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная:

1. Воеводин В.В. Параллельные вычисления / Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. СПб: БХВ-Петербург, 2002. 608с.
2. Немнюгин С.А. Параллельное программирование для многопроцессорных

- вычислительных систем / С.А. Немнюгин, О.Л.Стефик – СПб.: БХВ-Петербург. 2002. 400с.
3. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. М.: БИНОМ.ЛЗ, 2007.
 4. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. – Н.Новгород, ННГУ, 2003.
 5. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – Ижевск, 2004.

б) дополнительная:

1. Д.С. Глызин, Д.С. Кащенко. Параллельное и функциональное программирование. Методические указания. Яросл. гос. ун-т им. П.Г. Демидова. Ярославль: ЯрГУ, 2009.
2. А.С. Антонов. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУ, 2009.
3. Д. Кнут, Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы. М.: Издательский дом «Вильямс», 2008.
4. Д. Уоткинс, Основы матричных вычислений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006.
5. Барский А.Б. Параллельные информационные технологии. - М.: Интернет-университет информационных технологий, 2007.
6. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP. - М.: БИНОМ.ЛЗ, 2008.
7. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного программирования. М.: Издательский дом «Вильямс». 2003. 512с.
8. Афанасьев К.Е. Многопроцессорные системы: построение, развитие, обучение / Учебно-справочное издание под ред. Тихонова А.Н. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2005. 224 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Богданов А., Мареев В., Станнова Е., Корхов В. Архитектуры и топологии многопроцессорных вычислительных систем // электронный учебник <http://www.informika.ru/text/teach/topolog/index.htm> ¶
2. Букатов А.А., Дацюк В.Н., Жегуло А.И. Программирование многопроцессорных вычислительных систем. Ростов-на-Дону. Издательство ООО «ЦВВР», 2003, 208 с. (<http://rsusu1.rnd.runnet.ru/tutor/method/index.html>)
3. Быкова В. В. Теоретические основы анализа параметризованных алгоритмов [Электронный ресурс] : Монография / В. В. Быкова. - Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2011. 180 с. URL: <http://www.znanium.com/bookread.php?book=441165>
4. Сырецкий Г. А. Информатика. Фундаментальный курс. Том II. Информационные технологии и системы /Г. А. Сырецкий. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 846 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=350042>
5. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие. - 2-е (эл.). - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 342 с. http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42626
6. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям Научно-исследовательский вычислительный центр МГУ (<http://www.parallel.ru>)
7. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. (<http://www.intuit.ru/department/calculate/paraltp/index.html>)
8. Немнюгин С.А. Средства программирования для многопроцессорных вычислительных систем. – СПб: СПбГУ, 2007 (http://www.phys.spb.ru/content/File/Library/studentlectures/Nemnugin/Metod_Nemnygin_Intel.pdf)

9. Foster I. Designed and Building Parallel Programs. – Addison Wesley, 1994.
(<http://www.mcs.anl.gov/dvpp.html>)
10. Introduction to parallel Computing (Teaching Course).
(<http://www.ece.northwestern.edu/course/358.html>)

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированные лаборатории и классы			
№ п/п	Номер, наименование, принадлежность помещения (аудитории, лаборатории, класса, мастерской)	Площадь, м2	Количество посадочных
1	Аудитория Е-325	65	12+1
2	Аудитория Е-326а	39,2	9+1
3	Аудитория Е-327	40,58	9+1
4	Аудитория Е-330	39,53	9+1
5	Лекционная аудитория Е-326	109	70
Основное учебное оборудование			
№ п/п	Наименование	Год изготовления	№ помещения
1	Персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть	2009	Е-325
2	Персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть	2010	Е-326а
3	Персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть	2009	Е-327
4	Персональные компьютеры, объединенные в локальную сеть	2009	Е-330
5	Программное обеспечение Fortранили С++		Е-325, Е-326а, Е-327, Е-330
Основное программное обеспечение			
№ п/п	Наименование		№ помещения
1	ПакетVisual Studia, ПакетEclips, ПакетMPICH2		Е-319,321,324,330