

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Методы организации параллельных вычислений

Кафедра дискретной математики и информатики
факультета математики и компьютерных наук

Образовательная программа

01.04.02 – Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки
Математическое моделирование и вычислительная математика

Уровень высшего образования
магистратура

Форма обучения
очная

Статус дисциплины: вариативная по выбору

Махачкала, 2018

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Методы организации параллельных вычислений» входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению 01.04.02 - Прикладная математика и информатика и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина реализуется на факультете математики и компьютерных наук кафедрой дискретной математики и информатики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с ключевыми понятиями из области параллельных вычислений и формированием у студентов представлений о современных параллельных вычислительных архитектурах, моделях, методах и технологий их программирования.

Дисциплина способствует формированию следующих компетенций выпускника: профессиональных – ОК – 1, ПК – 3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: в форме контрольной работы и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины – 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Учебные занятия						СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточ ной аттестации (зачет, дифференци- рованный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Всего	из них						
Лек ции		Лабора- торные занятия	Практи- ческие занятия	КСР	Консуль- тации			
2	108	2	30				76	зачет

1. Цели изучения дисциплины

Целями изучения дисциплины являются:

- освоение базовых понятий из области параллельных вычислений,
- формирование представлений о современных параллельных вычислительных архитектурах, моделях, методах и технологий их программирования,
- выработать навыки работы с современными вычислительными системами.

Задачами изучения дисциплины является:

Обучение студентов методам параллельных вычислений с использованием мощных вычислительных систем с распределенной памятью, развитие у студентов доказательного, логического мышления; знакомство с различными языками, применяемыми на упомянутых системах, подготовка к самостоятельному решению различных алгоритмических задач с использованием этих систем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры

Дисциплина входит в вариативную часть образовательной программы магистратуры по направлению 01.04.02 и преподается в соответствии с графиком учебного процесса на первом курсе во втором семестре.

Успешному изучению дисциплины способствуют знания, полученные по дисциплине «Языки программирования» и «Дискретная математика», «Пакеты прикладных программ», а также при изучении фундаментальных и общематематических дисциплин.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

Код компетенции из ФГОС ВО	Наименование компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОК-1	Способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу.	Знает: принципы самостоятельного поиска достоверных источников информации. Умеет: обрабатывать, анализировать и синтезировать информацию для выбора метода решения проблемы в стандартных условиях. Владеет: навыками решения проблемы с использованием выбранного метода.
ПК-3	Способность разрабатывать	

	<p>концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач проектной и производственно-технологической деятельности.</p>	<p>Знает: основные тенденции развития параллельных архитектур, факторы, влияющие на производительность, критерии выбора программно-аппаратной платформы для решения вычислительно-сложных задач заданного класса.</p> <p>Умеет: пользоваться средствами удаленного доступа к вычислительным ресурсам коллективного пользования и запуска параллельных программ на вычислительных кластерах.</p> <p>Владеет: общей методикой разработки параллельных программ, способами оценки эффективности параллельных алгоритмов и максимально достижимого параллелизма на целевой вычислительной архитектуре.</p>
--	---	---

4. Объем, структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 академических часа.

4.2. Структура дисциплины

№ п/п	Разделы и темы Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Всего	Лекции	Лабор.занят.	Самост. раб.	Контроль за сам.работой	
	Модуль 1. Введение в теорию параллельных вычислений								
1	Цели, задачи и проблемы параллельных вычислений.	2	1	12	2	2	8		Устный опрос
2	Обзор параллельных вычислительных систем и их классификация. Способы организации	2	2	12		4	8		

	параллельной обработки данных.								
3	Архитектура высокопроизводительных ЭВМ.	2	3	12		4	8		Прием лабораторных работ
	Итого по модулю 1			36	2	10	24		
Модуль 2. Средства разработки параллельных программ									
4	Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью.	2	4	18		6	12		Прием
5	Спецификации OpenMP для языков программирования.	2	5	18		6	12		Прием лабораторных работ
	Итого по модулю 2			36		12	24		
Модуль 3. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ									
6	Использование распространенных языков программирования и коммуникационных библиотек и интерфейсов	2	6	18		4	14		
7	Построение исполняемой программы для параллельной вычислительной системы	2	7	18		4	14		Прием лабораторных работ
	Итого по модулю 3			36		8	28		зачет
	Итого за семестр			108	2	20	76		

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

4.3.1 Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Введение в теорию параллельных вычислений

Тема 1. Цели, задачи и проблемы параллельных вычислений.

Цели и задачи параллельной обработки данных. Необходимость и актуальность параллельных вычислений. Различия между многозадачным, параллельным и распределенным режимами выполнения программ.

4.3.2 Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине

Лабораторные занятия предусмотрены по всем темам модулей и их содержание совпадает с содержанием тем модулей.

Модуль 1. Введение в теорию параллельных вычислений

Тема 1. Цели, задачи и проблемы параллельных вычислений.

Необходимость и актуальность параллельных вычислений. Различия между многозадачным, параллельным и распределенным режимами выполнения программ..

Тема 2. Обзор параллельных вычислительных систем и их классификация. Способы организации параллельной обработки данных. Способы построения многопроцессорных вычислительных систем. Краткая история развития высокопроизводительных вычислений. Примеры параллельных вычислительных систем.

Тема 3. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ. Введение в вычисления общего назначения с использованием GPU. Основные архитектурные отличия GPU от CPU. Архитектура современных GPU. Технология CUDA. Модели и шаблоны программирования с использованием технологии CUDA. Модель памяти CUDA. Типы памяти. Оптимизация CUDA-приложений. Модель исполнения CUDA. Компиляция CUDA-приложений.

Модуль 2. Средства разработки параллельных программ.

Тема 4. Базовые средства параллельного программирования систем с общей памятью. Базовая вычислительная система. Понятие о временной развертке. Достоинства и недостатки базовой вычислительной системы. О построении графа вычислительной системы.

Тема 5. Спецификации OpenMP для языков программирования.

Общие сведения. Структура стандарта OpenMP. Достоинства технологии OpenMP. Модель параллелизма OpenMP. Модель памяти OpenMP. Директивы OpenMP. Типы директив.

Модуль 3. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ

Тема 6. Использование распространенных языков программирования и коммуникационных библиотек и интерфейсов.

Традиционные последовательные языки и распараллеливающие компиляторы, проблема выделения потенциального параллелизма последовательных программ. Параллельные

языки программирования и расширения стандартных языков. Средства автоматического распараллеливания, параллельные компиляторы.

Тема 7. Построение исполняемой программы для параллельной вычислительной системы. Пример программы произведения матриц. Ускорение Matlab-расчетов на GPU.

5. Образовательные технологии

Процесс изложения учебного материала сопровождается систематическими компьютерными презентациями и демонстрацией решения задач в интерактивном режиме с использованием мультимедийного оборудования, предусмотрено широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий. Предусмотрено общение и консультации с представителями российских и зарубежных компаний (из числа выпускников кафедры) как по электронной почте и скайпу, так и очные встречи.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение конспектов лекций и рекомендованной литературы.
2. Выполнение лабораторных работ
3. Подготовка к текущему и промежуточному контролю
4. Поиск материала на интернет-форумах
5. Подготовка к экзамену.

6.2. Порядок контроля:

1. Опрос на лабораторных занятиях
2. отчеты по лабораторным
3. Коллоквиумы
4. Экзамен.

Раздел (модуль, тема)	Вид самостоятельной работы и практическое содержание	Контрольные сроки (в нед.) и вид контроля	Уч.-мет.обеспечение (указаны источники из списка основной литературы)
1.1	Программирование операций на параллельной системе.	1	[1]
1.2	Построение параллельных форм. Направленный граф.	2	[1]
1.3	Параллелизм на примере модельных задач нахождения	3	[1]

	частных сумм последовательности числовых значений и умножения матриц.		
2.1	Выравнивание массивов. Параллельное выполнение циклов.	4	[2]
2.2	Разработка, отладка и исполнение параллельной программы с использованием функций MPI.	5	[2]
3.1	Параллельное программирование в среде OpenMP .	6	[3]
3.2	Технология программирования DVM.	7	[3]
	Темы 1.1-3.2 (подготовка к зачету)	Зачет	[1]-[3], электронные материалы дисциплины

Текущий контроль:

1. Проверка программ на языке высокого уровня по заданиям;
2. Проверка изученного материала;
3. Промежуточная аттестация в форме письменной работы.

Текущий контроль включает, кроме еженедельного опроса и проверки знаний по текущему материалу, ведение электронного журнала посещаемости, проверку выполнения компьютерных программ. Подразумевается непрерывное общение по электронной почте (общение по скайпу не целесообразно, т.к. не позволяет осуществлять доскональную проверку заданий).

Промежуточный контроль проводится в виде письменной работы, рассчитанной на 20-30 минут.

Итоговый контроль проводится в виде письменной работы с обязательным устным собеседованием по результатам предварительной проверки.

Критерии выставления оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» определяются степенью владения материалом и достигнутым уровнем компетентности в решении задач дискретной математики. В исключительных случаях учитываются успехи на всероссийских олимпиадах и конкурсах по номинации данной дисциплины.

Для обеспечения самостоятельной работы используется разработанный на кафедре пакет заданий и методических указаний, издано учебное пособие с алгоритмами решения базовых заданий по дискретной математике и соответствующими программами на языке С#. Самостоятельная работа студентов складывается из проработки лекционного материала, материала учебника и соответствующих форумов интернет, решения всех заданий из индивидуальных заданий, решения рекомендуемых задач, подготовки к сдаче промежуточных форма контроля.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование компетенции индикатора достижения компетенций	Процедура освоения
ОК-1	<p>Знает: о принципах разработки моделей параллельных вычислений.</p> <p>Умеет: выполнять постановки задач, связанных с параллельными вычислениями для решения в среде процессорных элементов.</p> <p>Владеет: навыками разработки и анализа алгоритмов, математических моделей, архитектур и структур аппаратно-программных комплексов</p>	Устный опрос, письменный опрос

ПК-3	<p>Знает: гибридные вычислительные системы с использованием технологии CUDA</p> <p>Умеет: оценивать коммуникационную трудоемкость параллельных алгоритмов, управлять группами, виртуальными топологиями в MPI.</p> <p>Владеет: навыками параллельного программирования на основе MPI.</p>	<p>Проработка конспектов лекций и подготовка к контрольным работам. Подготовка и презентация реферата.</p>
------	--	--

7.2. Типовые контрольные задания

7.2.1. Темы рефератов:

1. Основные проблемы использования параллельной обработки данных.
2. Закон Мура о росте производительности последовательных компьютеров.
3. Модели многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью. Модель конвейерной системы.
4. Модель параллельных вычислений в виде сети Петри.
5. Основные проблемы параллельных вычислений: синхронизация, взаимное исключение, блокировка (тупики).
6. Топология обменов. Декартовы топологии. Топологии произвольного графа
7. Основные возможности системы DVM. Мобильность и эффективность выполнения программ.
8. Перспективы развития MVC и параллельного программирования.
9. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.
10. Эффективность использования вычислительной системы. Способы оценки показателей.

7.2.2. Перечень вопросов к промежуточному (по частям) и итоговому контролю

1. О параллельных вычислительных системах (ВС).
2. Однопроцессорные, многопроцессорные ВС и трудности их использования. Идея конвейерных вычислений.
3. О классификации многопроцессорных ВС. Параллельная форма алгоритма.
4. Примеры распараллеливания.
5. Построение параллельных форм. Направленный граф.
6. Функциональные устройства (ФУ)
7. Определения: простое ФУ, конвейерное ФУ, длина конвейера, стоимость операции, стоимость работы.
8. Загруженность, асимптотическая загруженность.

9. Свойства простых и конвейерных ФУ. Номинальная (пиковая) производительность, реальная производительность.
10. О времени реализации алгоритма. Об ускорении при распараллеливании. Базовая вычислительная система. Понятие о временной развертке.
11. Достоинства и недостатки базовой вычислительной системы.
12. О построении графа вычислительной системы.
13. О реализации разветвлений на параллельной системе.
14. Программирование операций на параллельной системе.
15. Технология программирования DVM.
16. Основные принципы. Распределение массивов.
17. Выравнивание массивов. Параллельное выполнение циклов.
18. Отображение задач на вычислительную систему.
19. Удаленные данные. Редукционные данные.
20. Пересеченные (across) данные.
21. Пример программы. Отладка программы.
22. Заключительные замечания.
23. Программирование на mpC.
24. Базовые и узловые функции.
25. Автоматические сети.
26. Статические сети.
27. Синхронизация работы сети.

7.3.3. Вопросы к зачету

28. О постановке задачи распараллеливания.
29. Введение. О некоторых вычислительных задачах.
30. Численный эксперимент и его целесообразность.
31. Параллельная форма алгоритма.
32. Примеры распараллеливания.
33. О схеме сдвигания. О вычислении степени на параллельной системе.
34. Некоторые сведения о графах в связи с распараллеливанием.
35. О понятии графа. Ориентированный граф.
36. Топологическая сортировка. Примеры графов параллельных форм.
37. О времени реализации алгоритма. Об ускорении при распараллеливании.
38. Алгоритмы и вычислительные системы.
39. О соотношении графов алгоритма и вычислительной системы. О двух задачах реализации алгоритма.
40. Базовая вычислительная система. Понятие о временной развертке.
41. Достоинства и недостатки базовой вычислительной системы.
42. О построении графа вычислительной системы.
43. О реализации разветвлений на параллельной системе.
44. Программирование операций на параллельной системе.
45. Обзор основных процедур интерфейса MPI.
46. Загруженность системы при использовании интерфейса MPI.
47. Технология программирования DVM.
48. Основные принципы. Распределение массивов.
49. Выравнивание массивов. Параллельное выполнение циклов.
50. Отображение задач на вычислительную систему.

51. Удаленные данные. Редукционные данные.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Общий результат складывается из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- Посещение занятий – 20%
- выполнение текущих лабораторных заданий – 40 %
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ – 40 %.
- Промежуточный контроль по дисциплине включает:
- устный опрос – 100%.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, рекомендуемых для освоения дисциплины.

Основная литература:

1. Биллиг В.А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование [Электронный ресурс] / В.А. Биллиг. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — М.: Интернет Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 310 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73705.html> (15.04.2018)
2. Гергель В.П. Современные языки и технологии параллельного программирования: учеб. пособие для студ. вузов, обучающихся по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии". М.: Московский университет, 2012. - 407 с.
3. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP учеб. пособие для студ. Вузов. МГУ им. М.В. Ломоносова: М. Московский университет: 2012. – 340 с.
4. Боресков А.В. и др. Параллельные вычисления на GPU. Архитектура и программная модель CUDA. Учеб. пособие. 2-е изд. М.: Издательство Московского университета, 2015. – 336с

Дополнительная литература:

1. Барский А.Б. Параллельные информационные технологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Б. Барский. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Вузовское образование, 2017. — 503 с. — 978-5-4487-0087-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67379.html>
2. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс] / М.П. Левин. — Электрон. текстовые данные. — М.: Интернет Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 133 с. — 978-5-94774-857-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52216.html>

3. Косяков М.С. Введение в распределенные вычисления. – СПб: НИУ ИТМО, 2014. – 155 с.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», полезных для освоения дисциплины

1. Поток выполнения [Электронный ресурс] // URL = <https://ru.wikipedia.org/wiki/> / (дата обращения: 21.03.2018)
2. [Операционная платформа. Определения и классификация](http://gigabaza.ru/doc/33138.html) [Электронный ресурс] // URL = <http://gigabaza.ru/doc/33138.html> / время доступа: 21.04.2018.
3. [Процессы и потоки in-depth. Обзор различных потоковых моделей](http://habrahabr.ru/post/40227/) [Электронный ресурс] // URL = <http://habrahabr.ru/post/40227/> время доступа: 22.03.2018.
4. Автоматическое распараллеливание программ для распределенных систем. Статическое построение расширенного графа управления [Электронный ресурс] // URL = <http://xreferat.com/33/4673-1/> время доступа: 20.02.2018.
5. <http://www.intuit.ru> [Электронный ресурс]
6. <http://www.parallel.ru> Материалы на сайте Лаборатории параллельных информационных технологий МГУ.

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

1. При решении лабораторных заданий программистский подход непременно должен присутствовать (без него решение не будет полноценным), однако, он не должен заслонять сугубо математические (доказательство и др.) и алгоритмические (построение, оптимизация, верификация и др.) аспекты.
2. Необходимо обратить внимание на распознавание ситуаций, когда распараллеливание: а) допустимо, б) целесообразно, в) необходимо. Нельзя игнорировать «накладные расходы» ресурсов, выделяемых собственно распараллеливанию вычислений.
3. Важно различать архитектурные и теоретические проблемы распараллеливания.
4. При решении проблемы автоматического распараллеливания особое внимание следует уделить созданию внутреннего представления программы, органично соответствующего проблематике решаемой задачи.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующее программное обеспечение: Microsoft Visual Studio Express, Microsoft Windows, Ubuntu Linux, Skype. Также студентам предоставляется доступ к российским и международным электронным библиотекам через компьютеры университета. На кафедре имеются также прикладные программы, разработанные на кафедре дискретной математики и информатики и зарегистрированные в гос. реестре Роспатента.

—

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

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах с современным аппаратным и программным обеспечением. На сайте кафедры размещаются учебные пособия и презентации к лекциям.