

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет математики и компьютерных наук

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельные вычисления

Кафедра дискретной математики и информатики

Образовательная программа

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки

Информатика и компьютерные науки

Уровень высшего образования

бакалавриат

Форма обучения

очная

Статус дисциплины: вариативная по выбору

Махачкала, 2018

Рабочая программа дисциплины «Параллельные вычисления» составлена в 2018 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 02.03.02- Фундаментальная информатика и информационные технологии (уровень бакалавриата) от 12 марта 2015г. № 224.

Разработчик: кафедра дискретной математики и информатики, Ханикалов Х.Б.- ст. преподаватель кафедры дискретной математики и информатики

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры дискретной математики и информатики от 27.04.2018 г., протокол № 8.

Зав. кафедрой Магомедов А.М. Магомедов А.М.

на заседании Методического совета факультета математики и компьютерных наук от 27.06.2018 г., протокол № 6.

Председатель Бейбалаев В.Д. Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением « 18 » 06 2018г. Ж

(подпись)

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина “Параллельные вычисления” входит в вариативную по выбору часть образовательной программы бакалавриата по направлению 02.03.02 – Фундаментальная информатика и информационные технологии.

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

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с современными знаниями в области параллельного и распределенного программирования.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных – ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции.

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

Объем дисциплины - 2 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия							Форма проме- жуточной атте- стации (зачет, дифференциро- ванный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем						СРС, в том числе экза- мен	
	Все го	из них						
		Лек- ции	Лабора- торные за- нятия	Практи- ческие занятия	КСР	Консуль- тации		
8	72	14					58	зачет

1. Цели освоения дисциплины

Цель изучения дисциплины «Параллельные вычисления» - приобретение студентами теоретических знаний и устойчивых навыков в области параллельной обработки информации, технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина “Параллельные вычисления” входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению 02.03.02 – Прикладная математика и информатика и является одной из дисциплин, в рамках которой изучаются технологии и средства параллельного программирования, способы распараллеливания вычислительных алгоритмов.

Дисциплина логически и содержательно взаимосвязана с такими дисциплинами, как «Основы программирования», «Языки программирования».

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

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ПК-3	способностью использовать современные инструментальные и вычислительные средства	Знает: архитектуру современных высокопроизводительных вычислительных систем Умеет: обеспечивать передачу информации между приложениями Владеет: навыками работы с современными вычислительными средствами

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часа.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу сту- дентов и трудоемкость (в часах)						Формы теку- щего контроля успеваемости (по неделям се- местра) Форма проме- жуточной атте- стации (по се- местрам)
				Всего	Лекции	Практические занятия	Лаборатор- ные занятия	Сам. работа	Контроль самост. работ.	
		Модуль 1. Введение в параллельные вычисления								
1	Тема 1. Введение в пред- мет. Основные понятия и определения.	8	1	12	2			10		Опрос
2	Тема 2. Принципы постро- ения параллельных вычис- лительных систем.	8	2	12	2			10		Опрос
3	Тема 3. Классификация параллельных компьюте- ров и систем.	8	3	12	2			10		Прием самостоя- тельных работ
	Итого по модулю 1:			36	6			30		
		Модуль 2. Технологии параллельного программирования								
4	Тема 4. Технология Open MP	8	4	9	2			7		Опрос
5	Тема 5. Технология MPI	8	5	9	2			7		Прием самосто- ятельных работ
6	Тема 6. Технология CUDA	8	6	9	2			7		Прием самосто- ятельных работ
7	Тема 7. Синхронизация	8	7	9	2			7		Прием самосто- ятельных работ
	Итого по модулю 2:			36	8			28		Зачет
	Всего			72	14			58		

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

4.3.1. Содержание лекционных занятий по дисциплине

Модуль 1. Введение в параллельные вычисления

Тема 1. Введение в предмет. Основные понятия и определения.

Понятие параллельных вычислений. Необходимость параллельных вычислений. Сдерживающие факторы. Характеристика необходимых знаний и умений.

Тема 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.

Основные виды ЭВМ. Принципы фон-Неймана. Структура традиционных ЭВМ. Способы повышения производительности компьютеров.

Тема 3. Классификация параллельных компьютеров и систем

Классификация Флинна, Хокни, Шнайдера. Взаимосвязь классификаций. Параллельные компьютеры с общей и разделенной памятью. Параллельные компьютеры с сетевой структурой. Характеристика типовых схем коммуникации в многопроцессорных вычислительных системах.

Модуль 2. Технологии параллельного программирования

Тема 4. Технология OpenMP.

Параллельное программирование на системах с общей памятью. Основные конструкции, работа с переменными, распараллеливание циклов, параллельные секции, критические секции, атомарные операции, операции синхронизации. Решение задач по созданию параллельных программ с помощью технологии OpenMP. Разбор особенностей этой технологии.

Тема 5. Технология MPI.

Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений. Общие функции, функции приема/передачи сообщений между процессами. Функции коллективного взаимодействия процессов, создания пользовательских операций, работа с группами процессов. Пересылка разнотипных данных, производные типы данных, упаковка данных. Решение задач по созданию параллельных программ с помощью технологии MPI. Разбор особенностей этой технологии.

Тема 6. Технология CUDA.

Параллельное программирование с использованием ускорителей. Возможности технологии программирования CUDA. Модели и шаблоны программирования с использованием технологии CUDA. Сравнительный анализ технологии CUDA и стандартов OpenCL, OpenACC

Тема 4. Синхронизация

Барьер. Директива ordered. Критические секции. Директива atomic.

4.3.2. Содержание лабораторно-практических занятий по дисциплине.

Практические и лабораторные занятия не предусмотрены по учебному плану.

5. Образовательные технологии

Процесс изложения учебного материала сопровождается презентациями и демонстрацией решения задач в интерактивном режиме с использованием мультимедийного проектора.

Систематически проводится сравнение реализации потоков и нитей средствами различных языков Delphi, C# и др. Задания, предлагаемые студентам по различным темам, индивидуализированы, рекомендации по их выполнению, а также по исправлению ошибок, даются как непосредственно на лабораторных занятиях, так и по электронной почте.

Часть рекомендаций и указаний к решению заданий, которая относится ко всей учебной группе, размещается на сайте кафедры. Предусмотрено ведение образовательного блога.

Общение студентов по электронной почте с преподавателями кафедры носит регулярный характер, практикуется (в эпизодической форме) и общение с выпускниками кафедры – представителями российских и зарубежных компаний.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1 Виды самостоятельной работы и её контроля

Самостоятельная работа студентов складывается из:

- проработки лекционного материала (настоятельно рекомендуется самостоятельное практическое решение всех разобранных на лекциях упражнений);
- изучения рекомендованной литературы и материалов соответствующих форумов интернет;
- подготовки к сдаче промежуточных форм контроля (контрольных работ).

№	Вид самостоятельной работы	Вид контроля	Учебно-методическое обеспечение
1.	Проработка лекционного материала	Контрольный фронтальный опрос	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа
2.	Изучение рекомендованной	Контрольный фронтальный	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа

	литературы и материалов соответствующих форумов интернет	ный опрос, прием и представление рефератов.	
3.	Подготовка к сдаче промежуточных форм контроля	Контрольные работы по каждому модулю.	См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа

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
ПК-3	Знает: архитектуру современных высокопроизводительных вычислительных систем Умеет: обеспечивать передачу информации между приложениями Владеет: навыками работы с современными вычислительными средствами	Письменный опрос

7.2. Типовые контрольные задания

Задание 1.

Напишите программу, в которой создается k нитей, и каждая нить выводит на экран свой номер и общее количество нитей в параллельной области в формате:

I am <Номер нити> thread from <Количество нитей> threads!

Задание 2.

Изучите конструкции для управления работой с данными `shared` и `private`. Напишите программу, в которой создается `k` нитей, и каждая нить выводит на экран свой номер через переменную `rank` следующим образом:

```
rank = omp_get_thread_num();  
printf("I am %d thread.\n", rank);
```

Экспериментами определите, общей или частной должна быть переменная `rank`.

Задание 3.

Напишите программу, в которой две нити параллельно вычисляют сумму чисел от 1 до `N`. Распределите работу по нитям с помощью оператора `if` языка C. Для сложения результатов вычисления нитей воспользуйтесь OpenMP-параметром `reduction`.

Задание 4.

Изучите OpenMP-директиву параллельного выполнения цикла `for`. Напишите программу, в которой `k` нитей параллельно вычисляют сумму чисел от 1 до `N`. Распределите работу по нитям с помощью OpenMP-директивы `for`.

Задание 5.

Изучите параметр `schedule` директивы `for`. Модифицируйте программу «Сумма чисел» из задания 4 таким образом, чтобы дополнительно выводилось на экран сообщение о том, какая нить, какую итерацию цикла выполняет:

[<Номер нити>]: calculation of the iteration number <Номер итерации>.

Задайте `k = 4`, `N = 10`.

Задание 6.

Напишите OpenMP-программу, которая вычисляет число π с точностью до `N` знаков после запятой. Используйте следующую формулу:

$$\pi = \left(\frac{4}{1+x_0^2} + \frac{4}{1+x_1^2} + \dots + \frac{4}{1+x_{N-1}^2} \right) \times \frac{1}{N}, \text{ где } x_i = (i+0.5) \times \frac{1}{N}, i = \overline{0, N-1}$$

Распределите работу по нитям с помощью OpenMP-директивы `for`.

Задание 7.

Напишите OpenMP-программу, которая вычисляет произведение двух квадратных матриц $A \times B = C$ размера $n \times n$. Используйте следующую формулу:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} & \dots & b_{nn} \end{pmatrix}$$

$$c_{im} = \sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot b_{jm}; i = 1, 2, \dots, n; m = 1, 2, \dots, n$$

$$C = \begin{pmatrix} \sum_{j=1}^n a_{1j} \cdot b_{j1} & \sum_{j=1}^n a_{1j} \cdot b_{j2} & \sum_{j=1}^n a_{1j} \cdot b_{j3} & \dots & \sum_{j=1}^n a_{1j} \cdot b_{jn} \\ \sum_{j=1}^n a_{2j} \cdot b_{j1} & \sum_{j=1}^n a_{2j} \cdot b_{j2} & \sum_{j=1}^n a_{2j} \cdot b_{j3} & \dots & \sum_{j=1}^n a_{2j} \cdot b_{jn} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sum_{j=1}^n a_{nj} \cdot b_{j1} & \sum_{j=1}^n a_{nj} \cdot b_{j2} & \sum_{j=1}^n a_{nj} \cdot b_{j3} & \dots & \sum_{j=1}^n a_{nj} \cdot b_{jn} \end{pmatrix}$$

Задание 8.

Изучите OpenMP-директивы создания параллельных секций `sections` и `section`.

Напишите программу, содержащую 3 параллельные секции, внутри каждой из которых должно выводиться сообщение:

```
[<Номер нити>]: came in section <Номер секции>
```

Вне секций внутри параллельной области должно выводиться следующее сообщение:

```
[<Номер нити>]: parallel region
```

Запустите приложение на 2-х, 3-х, 4-х нитях. Проследите, как нити распределяются по параллельным секциям.

Задание 9.

Перепишите программу, в которой параллельно вычисляется сумма чисел от 1 до N (см. задание 4), без использования параметра `reduction`. Вместо параметра `reduction` используйте директиву `atomic`.

Задание 10.

Перепишите параллельную программу вычисления числа π (см. задание 6) без использования параметра `reduction`. Вместо параметра `reduction` используйте директиву `critical`.

Темы для рефератов:

1. Сравнение архитектуры CPU и GPU
2. Эволюция GPU
3. Использование нескольких GPU
4. Современные направления развития параллельных вычислительных систем
5. Создание потоков и нитей в Delphi
6. Средства распараллеливания в современных языках программирования
7. Вытесняющая мультизадачность
8. Алгоритмы исключения тупиковых ситуаций
9. Мультизадачность в Windows 10.0
10. Отечественные супер-эвм

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

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 50% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 30 баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 20 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 50 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - 30 баллов,
- письменная контрольная работа - 50 баллов,
- тестирование - 20 баллов.

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

а) 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>

2. 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.

3. Антонов А.С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP: Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2012. – 344с.

б) дополнительная литература:

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

2. 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>

3. 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>

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

1. Поток выполнения [Электронный ресурс] // URL = <https://ru.wikipedia.org/wiki/> / время доступа: 21.03.2018

2. Операционная платформа. Определения и классификация [Электронный ресурс] // URL = <http://gigabaza.ru/doc/33138.html> / время доступа: 21.05.2018.

3. Процессы и потоки in-depth. Обзор различных потоковых моделей [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: 22.04.2015.

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.

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

Имеется необходимая литература в библиотеке, медиа проектор и компьютер для проведения лекций-презентаций.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах с необходимым программным обеспечением.

Вся основная литература предоставляется студенту в электронном формате.