

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Параллельные вычисления Б1.В.ОД.5

Направление подготовки: 09.03.02 - Информационные системы и технологии

Профиль подготовки: Информационные системы в образовании

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Гафаров Ф.М.

**Рецензент(ы):**

Нуриев Н.К.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Галимянов А. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Гафаров Ф.М. Кафедра информационных систем отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Fail.Gafarov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Главная цель преподавания курса - освоение базовых знаний по вопросам организации параллельных вычислительных систем, а также основных технологий организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных комплексах с распределенной или общей оперативной памятью.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 09.03.02 Информационные системы и технологии и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Общепрофессиональный цикл. Базовая часть.

При изучении дисциплины используется материал дисциплин: "Информатика", "Программирование". Дисциплина является одной из основных для дисциплин "Технологии программирования", "Структуры и алгоритмы компьютерной обработки данных".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-17 (профессиональные компетенции)	готовность проводить подготовку документации по менеджменту качества информационных технологий
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способность проводить техническое проектирование
ПК-21 (профессиональные компетенции)	способность проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение качества объекта проектирования
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способность проводить рабочее проектирование

В результате освоения дисциплины студент:

#### 1. должен знать:

- основные направлениями в области организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах;
- технологии параллельного программирования;
- технологии параллельного программирования на системах с общей оперативной памятью;

#### 2. должен уметь:

- распараллеливать алгоритмы матричной алгебры;
- параллельного программирования с использованием интерфейса передачи сообщений;

3. должен владеть:

- основами разработки параллельных программ.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Уметь реализовывать алгоритмы параллельных вычислений на практике

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Ведение в параллельные вычисления	6	1-2	4	0	0	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Процессы и потоки.	6	3-4	4	0	4	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Потоки в C#	6	5-6	4	0	2	Письменное домашнее задание
4.	Тема 4. Синхронизация потоков	6	7-8	4	0	0	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Высокоуровневые механизмы синхронизации потоков	6	9-10	4	0	2	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Использование TPL(Task Parallel Library)	6	11-12	4	0	4	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI	6	13-14	4	0	4	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP) Параллельное программирование на системах смешанного типа	6	15-16	4	0	2	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ Основные понятия параллелизма алгоритмов Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание	6	17-18	4	0	0	Письменное домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Зачет
	Итого			36	0	18	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Ведение в параллельные вычисления

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные положения понятия. Изменения в архитектуре процессоров, связанные с процессом распараллеливания. Классы параллельных вычислительных систем. Модель параллельного выполнения программы

### Тема 2. Процессы и потоки.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Понятие процесса и потока. Виды многопоточности. Преимущества многопоточности. Случаи использования многопоточности.

#### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа "Создание и запуск потоков в Windows"

### Тема 3. Потоки в C#

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные статические свойства потоков C#. Получение статистики о текущем потоке. Недостатки многопоточности. Методы управления потоками. Приоритеты потоков. Передача данных в ThreadStart. Основные и фоновые потоки.

#### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторная работа "Синхронизация потоков в C#". Задание ♦1

### Тема 4. Синхронизация потоков

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Безопасность данных и критические секции кода. Простейшие методы блокировки. Оператор lock. Класс Interlocked.

### **Тема 5. Высокоуровневые механизмы синхронизации потоков**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Класс Monitor. Класс Mutex и Semaphore. Классы ManualResetEvent и AutoResetEvent. Использование атрибута [Synchronization]. Класс BackgroundWorker.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторная работа "Синхронизация потоков в C#". Задание ♦2, ♦3

### **Тема 6. Использование TPL(Task Parallel Library)**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Архитектура библиотеки распараллеливания задач (TPL). Задачи (класс Task). Создание задачи и работа с задачами. Статусы задачи. Применение идентификатора задачи. Методы ожидания завершения задачи. Класс TaskFactory. Применение лямбда-выражения в качестве задачи. Работа с данными в задаче. Создание продолжения задачи. Шаблоны параллелизма Parallel. Методы Parallel.Invoke(), Parallel.For(), Parallel.ForEach()

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Основы параллельного программирования на основе TPL(Task Parallel Library)

### **Тема 7. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные понятия MPI. Функции передачи сообщений. Понятие коммутаторов. Основные типы операций передачи данных. Неблокирующий обмен. Синхронный блокирующий обмен. Определение пользовательских типов данных. Коллективные операции. Распределение и сбор данных. Виртуальные топологии.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Лабораторная работа "Основы параллельного программирования на основе MPI"

### **Тема 8. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP) Параллельное программирование на системах смешанного типа**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные принципы OpenMP. Принципиальная схема программирования в OpenMP. Синтаксис директив в OpenMP. Директивы OpenMP. Синхронизация процессов в OpenMP. Загрузка процессов в OpenMP. Директива schedule. Задание переменных окружения с помощью функций runtime OpenMP. Функции блокировки в OpenMP.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Лабораторная работа "Основные директивы OpenMP. Простые примеры параллельных программ в OpenMP"

### **Тема 9. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ Основные понятия параллелизма алгоритмов Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Модели параллельного программирования. Модель передачи сообщений. Модель параллелизма данных. Модель общей памяти. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ. Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Ведение в параллельные					

## ВЫЧИСЛЕНИЯ

6	1-2	подготовка домашнего
---	-----	-------------------------

задания

6

домашнее  
задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Процессы и потоки.	6	3-4	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Потоки в C#	6	5-6	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
4.	Тема 4. Синхронизация потоков	6	7-8	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
5.	Тема 5. Высокоуровневые механизмы синхронизации потоков	6	9-10	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
6.	Тема 6. Использование TPL(Task Parallel Library)	6	11-12	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
7.	Тема 7. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI	6	13-14	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP) Параллельное программирование на системах смешанного типа	6	15-16	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
9.	Тема 9. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ Основные понятия параллелизма алгоритмов Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание	6	17-18	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
	Итого				54	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами и интерактивными досками, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в компьютерном классе, на компьютерах установлено необходимое программное обеспечение.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Ведение в параллельные вычисления**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теоретический материал о классах параллельных вычислительных систем и моделях параллельного выполнения программ.

### **Тема 2. Процессы и потоки.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторить теоретический материал о преимуществах многопоточности и случаях использования многопоточности. Подготовить отчет по лабораторной работе "Создание и запуск потоков в Windows"

### **Тема 3. Потоки в C#**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теоретический материал о потоках в C#. Подготовить отчет по заданию ♦1 лабораторной работы "Синхронизация потоков в C#"

### **Тема 4. Синхронизация потоков**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теоретический материал о безопасности данных, критических секциях кода и простейших методах блокировки. Подготовить отчет по заданию ♦2, 3 лабораторной работы "Синхронизация потоков в C#"

### **Тема 5. Высокоуровневые механизмы синхронизации потоков**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теорию по высокоуровневым механизмам синхронизации потоков.

### **Тема 6. Использование TPL(Task Parallel Library)**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить возможности библиотеки распараллеливания задач (TPL). Подготовить отчет по лабораторной работе "Основы параллельного программирования на основе TPL(Task Parallel Library)"

### **Тема 7. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теоретический материал об интерфейсе передачи сообщений MPI. Приготовить отчет по лабораторной работе "Основы параллельного программирования на основе MPI"

### **Тема 8. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP) Параллельное программирование на системах смешанного типа**

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторить теорию о параллельном программировании на системах с общей памятью (OpenMP). Подготовить отчет по лабораторной работе "Основные директивы OpenMP. Простые примеры параллельных программ в OpenMP"

### **Тема 9. Отладка, трассировка и профилирование параллельных программ Основные понятия параллелизма алгоритмов Алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание**

домашнее задание , примерные вопросы:

Изучить теорию по отладке, трассировке и профилированию параллельных программ, и алгоритмы матричной алгебры и их распараллеливание

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

#### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Векторная и конвейерная обработка данных. Многопроцессорная и многомашинная, параллельная обработка данных.
2. Закон Мура, сдерживающие факторы наращивания количества транзисторов на кристалле и частоты процессоров.
3. Повышение производительности процессора при обработке массивов с использованием циклов. Явные циклы с постоянными границами. Многократное использование КЭШа.
4. Архитектурно-зависимая оптимизация; отличия развертывания циклов для векторных и кэш-ориентированных архитектур.
5. Конвейерная обработка данных. Зависимость производительности процессора от способа описания и хранения данных.
6. Стандартные методики измерения производительности MIPS, MFLOPS и т.д.
7. Производительность кластера - латентность, пропускная способность. Общеизвестные методики измерения производительности многопроцессорных вычислительных систем.
8. Системы с распределенной, общей памятью, примеры систем. Массивно-параллельные системы (MPP).
9. Симметричные мультипроцессорные системы (SMP).
10. Параллельные векторные системы (PVP).
11. Системы с неоднородным доступом к памяти (Numa), примеры систем. Компьютерные кластеры - специализированные и полнофункциональные.
12. Функциональный параллелизм, параллелизм по данным. Парадигма master-slave. Парадигма SPMD.
13. Парадигма конвейеризации. Парадигма "разделяй и властвуй". Спекулятивный параллелизм. Важность выбора технологии для реализации алгоритма.
14. Модель обмена сообщениями - MPI.
15. Модель общей памяти - OPENMP.
16. Библиотека MPI. Модель SIMD. Инициализация и завершение MPI-приложения. Точечные обмены данными между процессами MPI-программы.
17. Режимы буферизации. Проблема deadlock'ов. Коллективные взаимодействия процессов в MPI. Управление группами и коммутаторами в MPI.
18. Стандарты программирования для систем с разделяемой памятью. Создание многопоточных приложений.
19. Использование многопоточности при программировании для многоядерных платформ. Синхронизация данных между ветвями в параллельной программе. Директивы языка OpenMP.
20. Гибридные модели программирования SMP-систем.
21. Передача данных между узлами кластера функциями MPI, обмен данными внутри узла между ядрами процессора через потоки OpenMP.
22. Классификация ошибок параллельных программ. Особенности отладки параллельных приложений.
23. Трассировка. Отладка с помощью последовательных отладчиков. Параллельный Отладчик TotalView. Профилирование.
24. Степень параллелизма численного алгоритма. Средняя степень параллелизма численного алгоритма. Зернистость алгоритма. Ускорение и эффективность.
25. Закон Амдала. Алгоритм исследования свойств параллельного алгоритма.
26. Параллельный алгоритм умножения матрицы на вектор и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.
27. Параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.

28. Параллельный алгоритм решения СЛАУ прямым методом Гаусса и его ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.

29. Параллельный алгоритм решения СЛАУ итерационными методами Якоби, Гаусса - Зейделя и их ускорение по сравнению с последовательным алгоритмом.

### 7.1. Основная литература:

Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью, Корняков, Кирилл Владимирович; Кустикова, Валентина Дмитриевна; Мееров, Иосиф Борисович, 2010г.

Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур, Линева, Алексей Владимирович; Боголепов, Денис Константинович; Бастраков, Сергей Иванович, 2010г.

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](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=42626)

### 7.2. Дополнительная литература:

Параллельные системы баз данных, Соколинский, Леонид Борисович, 2013г.

1. Машнин Т. С. Современные Java-технологии на практике. ? СПб.: БХВ-Петербург, 2010. ? 560 с. ? (Профессиональное программирование). - ISBN 978-5-9775-0561-1.

<http://znanium.com/bookread.php?book=351236>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Теория и практика параллельных вычислений: Информация - <http://www.intuit.ru/department/calculate/paralltp/>

Введение в параллельные вычисления - <http://habrahabr.ru/post/126930/>

Коммуникационные технологии - <http://cluster.linux-ekb.info/netware2.php>

Научно-Образовательный Центр ?Параллельные Вычисления? - <http://parallel-compute.ru/>

Параллельные вычисления (базовый курс) - <http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?doc=Parallel/base.cou>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Параллельные вычисления" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Набор слайдов, подбор задач для текущего контроля, лабораторный практикум, вопросы к зачету.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 09.03.02 "Информационные системы и технологии" и профилю подготовки Информационные системы в образовании .

Автор(ы):

Гафаров Ф.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нуриев Н.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.