

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



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Параллельные вычисления БЗ.ДВ.7**

Направление подготовки: 010400.62 - Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки: Математическая кибернетика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хайруллин А.Ф.

**Рецензент(ы):**

Кадыров Р.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Аблаев Ф. М.

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 9131814

Казань  
2014

## **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) ассистент, б/с Хайруллин А.Ф. кафедра теоретической кибернетики отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Alfred.Khairoullin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Изучение основ параллельного программирования, развитие мышления связанного с параллельным программированием.

Систематизация знаний о методах и алгоритмах параллельного программирования, моделях параллельных вычислений.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.7 Профессиональный" основной образовательной программы 010400.62 Прикладная математика и информатика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная дисциплина относится к профессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе 8 семестр для студентов, обучающихся по направлению "Прикладная математика и информатика".

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способность понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий, способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства (в соответствии с профилизацией)
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способностью решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- методы параллельного программирования с разделяемыми переменными, синхронизацию процессов через доступ к общим ресурсам, понятие о критических интервалах, семафорах, программирование параллельных алгоритмов с помощью критических интервалов и семафоров.
- методы распределенного параллельного программирования, синхронизацию

процессов, взаимодействие распределенных процессов.  
- системы параллельного программирования MPI и OpenMP.

## 2. должен уметь:

создавать параллельные программы для алгоритмов матричных задач, для задач решения систем линейных уравнений, для задач сортировок разными методами, для алгоритмов матричных задач на вычислительных системах с топологией двух и трех мерных решеток.

## 3. должен владеть:

теоретическими знаниями о параллельных алгоритмах, о моделях вычислений с параллельно-последовательными структурами управления о модели взаимодействующих процессов, о моделях параллельно-последовательного программирования

## 4. должен демонстрировать способность и готовность:

приобрести навыки создания параллельные программы для алгоритмов матричных задач: параллельное умножение матрицы на вектор и матрицы на матрицу несколькими способами. Уметь создавать параллельные программы для задач решения систем линейных уравнений методом Гаусса. Создавать параллельные программы для задач сортировок разными методами. Создавать параллельные программы для алгоритмов обработки графов.

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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. История развития параллельных вычислений.	8	1	0	2	0	
2.	Тема 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.	8	1	0	2	0	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	
3.	Тема 3. Моделирование и анализ параллельных вычислений.	8	2	0	2	0	
4.	Тема 4. Принципы разработки параллельных алгоритмов.	8	2	0	2	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов.	8	3	0	2	0	
6.	Тема 6. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.	8	3	0	2	0	устный опрос
7.	Тема 7. Параллельное программирование на MPI.	8	4	0	4	0	домашнее задание
8.	Тема 8. Принципы разработки параллельных методов.	8	5	0	4	0	контрольная работа
9.	Тема 9. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор.	8	6	0	4	0	домашнее задание
10.	Тема 10. Параллельные алгоритмы матричного умножения.	8	7	0	4	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.	8	8	0	4	0	домашнее задание
12.	Тема 12. Параллельные алгоритмы сортировки данных.	8	9	0	4	0	устный опрос
13.	Тема 13. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.	8	10	0	4	0	контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	зачет
	Итого			0	40	0	

## **4.2 Содержание дисциплины**

### **Тема 1. История развития параллельных вычислений.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. История развития параллельных вычислений. - этапы развития параллельных вычислительных систем - классификация вычислительных систем - направления развития современных суперкомпьютеров

### **Тема 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. Принципы построения параллельных вычислительных систем. - пути достижения параллелизма - классификация Флинна вычислительных систем - типовые схемы коммуникации в многопроцессорных вычислительных системах

### **Тема 3. Моделирование и анализ параллельных вычислений.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. Моделирование и анализ параллельных вычислений. - модель вычислений в виде графа ?Операции - операнды? - определение времени выполнения параллельного алгоритма - показатели эффективности параллельного алгоритма

### **Тема 4. Принципы разработки параллельных алгоритмов.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. Принципы разработки параллельных алгоритмов - моделирование параллельных программ - этапы разработки параллельных программ

### **Тема 5. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов - характеристики топологии сети передачи данных - общая характеристика механизмов передачи данных

### **Тема 6. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.**

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Тема. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных. - Передача данных от одного процессора другому. - Передача данных от одного процессора всем. - Передача данных от всех процессоров всем. - Обобщенная передача данных. - Циклический сдвиг.

### **Тема 7. Параллельное программирование на MPI.**

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

Тема. Параллельное программирование на основе MPI. - Основные понятия и определения. - Операции передачи данных между двумя процессорами. - Операции коллективной передачи данных. - Производные типы данных. - Управление группами процессов и коммуникаторами.

### **Тема 8. Принципы разработки параллельных методов.**

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

Тема. Принципы разработки параллельных методов. - Моделирование параллельных программ. - Этапы разработки параллельных алгоритмов. - Параллельное решение гравитационной задачи для N тел.

### **Тема 9. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор.**

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

Тема. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор. - Умножение матрицы на вектор при разделении данных по строкам. - Умножение матрицы на вектор при разделении данных по столбцам. - Умножение матрицы на вектор при блочном разделении данных.

### **Тема 10. Параллельные алгоритмы матричного умножения.**

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

Тема. Параллельные алгоритмы матричного умножения. - Умножение матриц при ленточной схеме разделения данных. - Умножение матриц при блочной схеме разделения данных. - Алгоритм Фокса. - Алгоритм Кэннона.

### **Тема 11. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.**

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

Тема. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений. - Алгоритм Гаусса. - Метод сопряженных градиентов.

## Тема 12. Параллельные алгоритмы сортировки данных.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема. Параллельные алгоритмы сортировки данных. - Пузырьковая сортировка. - Алгоритм чёт-нечётной сортировки. - Сортировка Шелла. - Алгоритмы быстрой сортировки.

## Тема 13. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Тема. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью. - Использование OpenMP для параллельных вычислений. - Проблемы синхронизации, взаимной блокировки. - Организация волновой схемы параллельных вычислений.

### 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
2.	Тема 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.	8	1	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
4.	Тема 4. Принципы разработки параллельных алгоритмов.	8	2	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.	8	3	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
7.	Тема 7. Параллельное программирование на MPI.	8	4	подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
8.	Тема 8. Принципы разработки параллельных методов.	8	5	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
9.	Тема 9. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор.	8	6	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
10.	Тема 10. Параллельные алгоритмы матричного умножения.	8	7	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
11.	Тема 11. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.	8	8	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
12.	Тема 12. Параллельные алгоритмы сортировки данных.	8	9	подготовка к устному опросу	4	устный опрос



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
13.	Тема 13. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.	8	10	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
	Итого				32	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов. Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для более глубокого понимания разделов на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать утверждения. Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы. Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к зачету. При подготовке к сдаче зачета весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к зачету, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда будет резерв времени.

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

**Тема 1. История развития параллельных вычислений.**

**Тема 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Повторение пройденного материала.

**Тема 3. Моделирование и анализ параллельных вычислений.**

**Тема 4. Принципы разработки параллельных алгоритмов.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Построение модели "Операции-операнды" для индивидуальных задач. Вычисление площади прямоугольника, вычисление интеграла методом трапеции, вычисление среднего арифметического массива.

**Тема 5. Оценка коммуникационной сложности параллельных алгоритмов.**

**Тема 6. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных.**

устный опрос , примерные вопросы:

Опрос: оценки ком.сложности для различных операций в различных топологиях сети передачи данных.

**Тема 7. Параллельное программирование на MPI.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение различных небольших задач по MPI. Hello world, максимум вектора, максимум матрицы и т.д.

**Тема 8. Принципы разработки параллельных методов.**



контрольная работа , примерные вопросы:

Самостоятельная работа по решению небольших задач на MPI. 1. Hello world из всех процессов 2. Max вектора 3. Maxmin матрицы 4. Скалярное произведение 5. Умножение матрицы на вектор по столбцам 6. Scatter и Gather через Send и Recv 7. Время передачи для разных Send-ов 8. Передача чисел по кругу

### **Тема 9. Параллельные алгоритмы умножения матрицы на вектор.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по умножению матрицы на вектор при различном разделении данных между процессами.

### **Тема 10. Параллельные алгоритмы матричного умножения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по умножению матриц при различном разделении данных между процессами.

### **Тема 11. Параллельные алгоритмы решения систем линейных уравнений.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по решению систем линейных уравнений точными и приближенными методами.

### **Тема 12. Параллельные алгоритмы сортировки данных.**

устный опрос , примерные вопросы:

Опрос: по описанию параллельных алгоритмов и оценке их вычислительной и коммуникационной сложности.

### **Тема 13. Организация параллельных вычислений для систем с общей памятью.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Решение задач на MPI и OpenMP 1. Проверка матрицы на симметричность 2. Сортировка массива методом чет-нечетной перестановки 3. Умножение матриц алгоритм Кэннона 4. Сортировка данных методом Шелла 5. Метод Гаусса 6. Проверка матрицы на симметричность. 7. Инвертирование массива

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

Примерные вопросы к зачету:

По данной дисциплине предусмотрено проведение зачета. Примерные вопросы для зачета:

1. Введение в параллельные вычисления. Классы вычислительных систем.
2. История развития параллельных вычислительных систем.
3. Иерархия памяти.
4. Основные виды параллельной обработки информации: параллельная и конвейерная обработка. Примеры. Временные характеристики.
5. Основные виды классификаций параллельных вычислительных систем. Классификация Флинна. Современная классификация.
6. Коммутационные схемы. Обзор различных типов топологии коммутационных схем. Характеристики топологии сети.
7. Модель вычислений в вид графа "Операции - операнды". Время выполнения параллельного алгоритма. Оценки времени выполнения. Показатели эффективности параллельного алгоритма.
8. Оценка максимально достижимого параллелизма. Закон Амдала. Закон Густавсона-Барсиса. Анализ масштабируемости параллельных вычислений.
9. Анализ коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов. Характеристики топологии коммуникационной сети. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных.
10. Анализ трудоемкости операции передачи данных между процессорами (между двумя процессорами; от одного ко всем) на примере топологий коммуникационных сетей кольцо, тор, гиперкуб.
11. Анализ трудоемкости операции передачи данных от всех процессоров ко всем на примере топологий коммуникационных сетей кольцо, тор, гиперкуб.

12. Анализ трудоемкости операции обобщенной передачи данных от одного процессора ко всем и операции обобщенной передачи данных от всех процессоров ко всем на примере топологий коммуникационных сетей кольцо, тор, гиперкуб.

13. Методы логического представления топологии коммуникационной сети.

14. Принципы разработки параллельных методов. Этапы разработки параллельных алгоритмов.

### **7.1. Основная литература:**

1. 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)

2. А. В. Линев, Д. К. Боголепов, С. И. Бастраков. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений. Нижегород. гос. ун - т им. Н. И. Лобачевского. – М.: Изд - во Московского университета, 2010. - 148 с.

3. Соколинский Л. Б. "Параллельные системы баз данных: учебное пособие для студентов высших учебных заведений" - М.: Изд - во Московского университета, 2013. - 182 с.

4. К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений. Нижегород. гос. ун - т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч. - образоват. центров суперкомпьютер. технологий. - 2 - е изд., испр. и доп.. - М.: Изд - во Московского университета, 2010. - 262 с.

5. 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>

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Немнюгие С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356524>

2. Математические модели и методы в параллельных процессах / В. В. Воеводин. ? Москва : Наука, 1986. ? 296 с. : ил. ; 22 см.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Википедия - <http://ru.wikipedia.org/>

Информационный сервер по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru/>

Открытый университет Интуит - <http://www.intuit.ru/>

Форм - [www.open-mpi.org/](http://www.open-mpi.org/)

Форум по OpenMP - [www.openmp.org/](http://www.openmp.org/)

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

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

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.

занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером), а так же в специализированных компьютерных кабинетах.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010400.62 "Прикладная математика и информатика" и профилю подготовки Математическая кибернетика .

Автор(ы):

Хайруллин А.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кадыров Р.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.