

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

Параллельное и последовательное программирование М2.ДВ.3

Направление подготовки: 231300.68 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Кадыров Р.Ф.

**Рецензент(ы):**

Тимербаев М.Р.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Задворнов О. А.

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 9117814

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, к.н. Кадыров Р.Ф. кафедра вычислительной математики отделение прикладной математики и информатики, [Rafael.Kadyrov@kpfu.ru](mailto:Rafael.Kadyrov@kpfu.ru)

### 1. Цели освоения дисциплины

В рамках курса "Параллельное и последовательное программирование" предлагается изучение аппаратной и программной частей однопроцессорных, многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем, их классификация. Изучение общих подходов к построению параллельных алгоритмов и программных комплексов.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М2.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 231300.68 Прикладная математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 4 курсе в 7 семестре 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-8 (профессиональные компетенции)	способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций
ПК-9 (профессиональные компетенции)	способность разрабатывать наукоемкое программное обеспечение работы конкретного предприятия
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способность использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, расширять и углублять свое научное мировоззрение
ОК-8 (общекультурные компетенции)	способность ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения
ОК-9 (общекультурные компетенции)	способность анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы построения и функционирования аппаратно-программных комплексов, предназначенных для проведения параллельных вычислений; различия основных архитектур многопроцессорных вычислительных систем; анализ производительности параллельных алгоритмов на различных классах архитектур; паттерны проектирования параллельных алгоритмов и программных систем

2. должен уметь:

ориентироваться в аппаратном и программном обеспечении параллельных систем; знать основные концепции проектирования программных комплексов, предназначенных для работы на различных типах многопроцессорных вычислительных систем

3. должен владеть:

теоретическими знаниями о построении и программировании параллельных систем; знаниями основных паттернов проектирования параллельных программных систем

4. должен демонстрировать способность и готовность:

.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен во 2 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. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы" классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с кооперируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA	2		0	2	2	
2.	Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы" Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами. PVM, MPI, Linda, Orca.	2		0	2	2	

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. Кеш-память. Мотивация. Реализация кеш-памяти в рамках одного процессора. Реализация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах. Алгоритм обеспечения согласованности MESI. Слабая согласованность, барьеры памяти.	2		0	2	2	домашнее задание устный опрос
4.	Тема 4. Синхронизация многопоточных программ. Ситуация гонки, критическая секция. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Семафор, мьютекс, барьер. Системная реализация мьютекса. Системная реализация барьера на основе мьютекса.	2		0	2	2	устный опрос домашнее задание
5.	Тема 5. Атомарные операции. Синхронизация без блокировок. CAS-программирование. Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения. Реализация барьера на уровне пользователя. Фьютекс.	2		0	4	4	контрольная работа домашнее задание
6.	Тема 6. Потокбезопасные стек и очередь. Реализация с помощью мьютекса, CAS-реализация.	2		0	4	4	домашнее задание коллоквиум

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. Паттерны параллельного программирования. Map/reduce/gather/scan. Планирование нагрузки, распределение данных между процессами.	2		0	4	4	контрольная работа устный опрос
8.	Тема 8. Высокоуровневые паттерны проектирования. Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция), Replicable (воспроизводимый)	2		0	2	2	устный опрос
9.	Тема 9. Примеры параллельных численных методов. Умножение матрицы на вектор. Произведение матриц (алгоритм Штрассена). Параллельная реализация волнового алгоритма. Быстрое преобразование Фурье. Решение системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей - метод редукции. Анализ вычислительной сложности алгоритмов, анализ накладных расходов на синхронизацию параллельных подзадач.	2		0	4	4	домашнее задание контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
10.	Тема 10. Явная схема Эйлера для решения двумерной нестационарной задачи Пуассона. Метод декомпозиции области Шварца с налегающими подобластями.	2		0	6	6	коллоквиум домашнее задание отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	экзамен
	Итого			0	32	32	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы"** классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с комутируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA  
*практическое занятие (2 часа(ов)):*

Изучение разделов стандартной библиотеки C++11, предназначенных для написания многопоточных приложений.

*лабораторная работа (2 часа(ов)):*

Классификация машин параллельной обработки информации в модели общей памяти, подразумевающая разное отношение к построению вычислительных алгоритмов для них. Базовой является классификация Флинна, которая, однако не дает полного представления о разнообразии архитектур, однако позволяет вести классификацию алгоритмов на самом высоком уровне. Классификация машин с общей памятью, принципы организации общей памяти.

**Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы"** Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами. PVM, MPI, Linda, Orca.

*практическое занятие (2 часа(ов)):*

Установка и настройка системы MPI в компьютерном классе

*лабораторная работа (2 часа(ов)):*

Вопросы организации различного рода сетей, объединяющих машины с общей памятью в одну вычислительную систему. Принципы организации вычислений на таких системах, обзор программного обеспечения и языков программирования, предназначенных для разработки ПО в таких средах.

**Тема 3. Кеш-память. Мотивация. Реализация кеш-памяти в рамках одного процессора. Реализация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах. Алгоритм обеспечения согласованности MESI. Слабая согласованность, барьеры памяти.**

*практическое занятие (2 часа(ов)):*

Реализация протокола MESI на прикладном уровне для многопоточного приложения.

*лабораторная работа (2 часа(ов)):*



Обзор базовых принципов организации кеш-памяти в рамках одного процессора. Кеш-память прямой адресации, ассоциативная кеш-память, частично ассоциативная кеш-память. Организация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах с общей памятью и общей шиной. Описание базового для таких систем алгоритма обеспечения согласованности MESI. Возможности ускорения этого протокола, приводящие к частично согласованной кеш-памяти. Барьеры памяти, как способ учесть неполную согласованность на уровне ПО.

**Тема 4. Синхронизация многопоточных программ. Ситуация гонки, критическая секция. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Семафор, мьютекс, барьер. Системная реализация мьютекса. Системная реализация барьера на основе мьютекса.**

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

Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Синхронизация многопоточных программ. Понятие синхронизации. Частный случай синхронизации при обращении к общим ресурсам из различных частей параллельной программы. Понятие ситуации гонки и критической секции. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Описание многоместного семафора. Мьютекс, как частный случай семафора. Понятие барьерной синхронизации. Обсуждение возможных путей программной или аппаратной реализации этих примитивов. Описание принципов их работы, если они реализованы, как объекты операционной системы.

**Тема 5. Атомарные операции. Синхронизация без блокировок. CAS-программирование. Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения. Реализация барьера на уровне пользователя. Фьютекс.**

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

Реализация барьера на уровне пользователя.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Понятие атомарной операции. Связь атомарных операций, частичной согласованности кеш-памяти и барьеров памяти. Синхронизация без блокировок, когда объекты синхронизации не являются объектами операционной системы. Специальные атомарные инструкции CPU, позволяющие осуществить такую реализацию.

**Тема 6. Потокбезопасные стек и очередь. Реализация с помощью мьютекса, CAS-реализация.**

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

Фьютекс, как комбинация системного и CAS-мьютексов.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Реализация базовых структур программирования - стека и очереди, для случаев, когда они являются общим ресурсом в параллельной программе. Обсуждение возможностей их реализации. Описание вариантов реализации при помощи системных объектов синхронизации и без их использования.

**Тема 7. Паттерны параллельного программирования. Map/reduce/gather/scan. Планирование нагрузки, распределение данных между процессами.**

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

Знакомство с библиотекой TBB.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Базовые алгоритмы, параллельного программирования, применяемые при той или иной обработке больших массивов данных. Основные проблемы, возникающие при разработке такого рода алгоритмов - планирование оптимального распределения данных между процессами, минимизация обмена данными и других видов синхронизации, оптимальное распределение объема вычислительной нагрузки.

**Тема 8. Выскокоуровневые паттерны проектирования. Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция), Replicable (воспроизводимый)**

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

Параллельная реализация фильтра изображения с использованием библиотеки TBB.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Высокоуровневые паттерны проектирования, как подходы к общей организации структуры параллельной программы. Обсуждение частных случаев, когда удобнее выбрать тот или иной подход к организации взаимодействия между различными частями параллельной программы, тот или иной подход к разделению задач и к разделению данных.

**Тема 9. Примеры параллельных численных методов. Умножение матрицы на вектор. Произведение матриц (алгоритм Штрассена). Параллельная реализация волнового алгоритма. Быстрое преобразование Фурье. Решение системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей - метод редукции. Анализ вычислительной сложности алгоритмов, анализ накладных расходов на синхронизацию параллельных подзадач.**

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

Параллельная реализация быстрого преобразования Фурье. Решение системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей - метод редукции. Анализ вычислительной сложности алгоритмов, анализ накладных расходов на синхронизацию параллельных подзадач.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Формулировка ряда численных методов, допускающих параллельное исполнение. Умножение матрицы на вектор. Произведение матриц напрямую, формулировка и обсуждение вариантов параллельной реализации алгоритма Штрассена. Параллельная реализация волнового алгоритма поиска кратчайшего пути в графе для случая неориентированного планарного графа, топологически эквивалентного шахматной доске.

**Тема 10. Явная схема Эйлера для решения двумерной нестационарной задачи Пуассона. Метод декомпозиции области Шварца с налегающими подобластями.**

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Реализация метода декомпозиции области Шварца с налегающими подобластями для стационарного уравнения теплопроводности как пример крупнозернистого распараллеливания на уровне алгоритма.

**лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Формулировка нестационарного уравнения теплопроводности с конвекцией в двумерной области. Дискретизация по времени, приводящая к явной схеме Эйлера. Дискретизация пространственного оператора конечными разностями. Обсуждение вариантов параллельной программной реализации полученной вычислительной схемы.

**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
3.	Тема 3. Кеш-память. Мотивация. Реализация кеш-памяти в рамках одного процессора. Реализация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах. Алгоритм обеспечения согласованности MESI. Слабая согласованность, барьеры памяти.	2		Домашняя работа	3	Домашняя работа
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	1	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Синхронизация многопоточных программ. Ситуация гонки, критическая секция. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Семафор, мьютекс, барьер. Системная реализация мьютекса. Системная реализация барьера на основе мьютекса.	2		Домашняя работа	3	Домашняя работа
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	1	устный опрос
5.	Тема 5. Атомарные операции. Синхронизация без блокировок. CAS-программирование. Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения. Реализация барьера на уровне пользователя. Фьютекс.	2		Домашняя работа	2	Домашняя работа
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум
				подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
6.	Тема 6. Потокбезопасные стек и очередь. Реализация с помощью мьютекса, CAS-реализация.	2		Домашняя работа	4	Домашняя работа
				подготовка домашнего задания	2	домашнее задание
				подготовка к коллоквиуму	2	коллоквиум
7.	Тема 7. Паттерны параллельного программирования. Map/reduce/gather/scan. Планирование нагрузки, распределение данных между процессами.	2		Домашняя работа	3	Домашняя работа
				подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	1	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Высокоуровневые паттерны проектирования. Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция), Replicable (воспроизводимый)	2		Домашняя работа	7	Домашняя работа
				подготовка к устному опросу	1	устный опрос
	Итого				44	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Обучение происходит в форме лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих доказываемые теоретические положения, а также развитие абстрактного мышления и способности самостоятельно доказывать частные 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 экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда 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. "Классификация компьютеров параллельного действия, мультипроцессорные системы"** классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с кооперируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA

**Тема 2. "Классификация компьютеров параллельного действия, многомашинные системы"** Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами. PVM, MPI, Linda, Orca.

**Тема 3. Кеш-память. Мотивация. Реализация кеш-памяти в рамках одного процессора. Реализация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах. Алгоритм обеспечения согласованности MESI. Слабая согласованность, барьеры памяти.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Исследование возможностей организации согласованной кеш-памяти на системах без общей шины.

Домашняя работа , примерные вопросы:

Прототип программной реализации протокола MESI.

устный опрос , примерные вопросы:

Реализация кеш-памяти в рамках одного процессора. Реализация согласованной кеш-памяти в многопроцессорных системах. Алгоритм обеспечения согласованности MESI. Слабая согласованность, барьеры памяти.

**Тема 4. Синхронизация многопоточных программ. Ситуация гонки, критическая секция. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Семафор, мьютекс, барьер. Системная реализация мьютекса. Системная реализация барьера на основе мьютекса.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Программная реализация барьерной синхронизации на основе системного мьютекса

Домашняя работа , примерные вопросы:

Сравнение производительности полученной реализации с барьером из библиотеки OpenMP

устный опрос , примерные вопросы:

Синхронизация многопоточных программ. Ситуация гонки, критическая секция. Примитивы синхронизации многопоточных приложений. Семафор, мьютекс, барьер. Системная реализация мьютекса. Системная реализация барьера на основе мьютекса.

**Тема 5. Атомарные операции. Синхронизация без блокировок. CAS-программирование. Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения. Реализация барьера на уровне пользователя. Фьютекс.**

домашнее задание , примерные вопросы:

CAS-реализация мьютекса

Домашняя работа , примерные вопросы:

CAS-реализация барьерной синхронизации

коллоквиум , примерные вопросы:

Кеш-память. Барьеры памяти. Атомарные операции. Синхронизация без блокировок.

CAS-программирование. Реализация мьютекса на уровне пользовательского приложения.

Реализация барьера на уровне пользователя. Фьютекс.

контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольные вопросы к пройденному материалу: 1. Классификация многопроцессорных ЭВМ с общей памятью. 2. Балансировка нагрузки map/reduce-алгоритмов 3. Алгоритм MESI 4. Слабая согласованность кеш-памяти. Барьеры памяти

**Тема 6. Потокбезопасные стек и очередь. Реализация с помощью мьютекса, CAS-реализация.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Реализация с помощью мьютекса.

Домашняя работа , примерные вопросы:

CAS-реализация потокбезопасного стека или очереди.

коллоквиум , примерные вопросы:

Преимущества и недостатки CAS-программирования без блокировок.

**Тема 7. Паттерны параллельного программирования. Map/reduce/gather/scan. Планирование нагрузки, распределение данных между процессами.**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Реализация reduce-алгоритма для суммирования элементов вектора

контрольная работа , примерные вопросы:

Программная реализация подходов map/reduce/gather/scan для различных учебных задач на операции с векторами и матрицами.

устный опрос , примерные вопросы:

Паттерны параллельного программирования. Map/reduce/gather/scan. Планирование нагрузки, распределение данных между процессами.

**Тема 8. Высокоуровневые паттерны проектирования. Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция), Replicable (воспроизводимый)**

Домашняя работа , примерные вопросы:

Конвейерная реализация  $(A[i]*B[i]+C[i])/D[i]$

устный опрос , примерные вопросы:

Высокоуровневые паттерны проектирования. Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция), Replicable (воспроизводимый)

**Тема 9. Примеры параллельных численных методов. Умножение матрицы на вектор. Произведение матриц (алгоритм Штрассена). Параллельная реализация волнового алгоритма. Быстрое преобразование Фурье. Решение системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей - метод редукции. Анализ вычислительной сложности алгоритмов, анализ накладных расходов на синхронизацию параллельных подзадач.**

**Тема 10. Явная схема Эйлера для решения двумерной нестационарной задачи Пуассона. Метод декомпозиции области Шварца с налегающими подобластями.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Перечень примерных контрольных вопросов:

1. Классификация многопроцессорных ЭВМ с общей памятью.
2. Балансировка нагрузки map/reduce-алгоритмов
3. Алгоритм MESI
4. Слабая согласованность кеш-памяти. Барьеры памяти
5. Примитивы синхронизации параллельных программ. Системная реализация Мьютекса.
6. Примитивы синхронизации параллельных программ. CAS-реализация Мьютекса.
7. Примитивы синхронизации параллельных программ. Системная реализация барьерной синхронизации.
8. Примитивы синхронизации параллельных программ. CAS-реализация барьерной синхронизации.
9. Способы реализации потокобезопасной очереди
10. Способы реализации потокобезопасного стека
11. Высокоуровневые паттерны проектирования: Pipeline (конвейер), Master and Slave (хозяин и подчинённый), Replicable (воспроизводимый)
12. Высокоуровневые паттерны проектирования: Divide and Conquer (разделяй и властвуй), Geometric Decomposition (геометрическая декомпозиция)
13. Реализация подхода префиксного суммирования: паттерн scan
14. Алгоритм Штрассена
15. БПФ
16. Метод редукции для решения СЛАУ с трехдиагональной матрицей

### 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. Сизиков В.С Обратные прикладные задачи и MatLab. - Санкт-Петербург: Лань, 2011. - 256с.  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2037](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2037)

3. Масловская Л. В.. Параллельные алгоритмы: учебное пособие для студентов и аспирантов университетов и вузов, изучающих вычислительную математику и ее приложения, а также для специалистов по численному анализу / Л. В. Масловская, О. М. Масловская. - Одесса: Фенікс, 2009. - 109 с.: ил.; 21. - С автографом автора Научная библиотека им. Н.И. Лобачевского Казанского государственного университета: 0-785201. - Библиогр.: с. 102 (10 назв.). - Предм. указ.: с. 103-108.
4. Ефимов, С. С. Параллельное программирование: учебное пособие / С. С. Ефимов; Федер. агентство по образованию, ОмГУ, Фак. компьютер. наук. - Омск: [УниПак], 2009. - 397 с
5. Линева, А. В. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линева, Д. К. Боголепов, С. И. Бахраков; под ред. В. П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. - Москва: Изд-во Московского университета, 2010. - 148 с.
6. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью: учебник для студентов высших учебных заведений/ К.В. Корняков, В.Д. Кустикова, И.Б. Мееров [и др.]; под ред. проф. В.П. Гергеля; Нижегород. гос. ун-т им. Н.И. Лобачевского, Координац. совет Системы науч.-образоват. центров суперкомпьютер. технологий. - 2-е изд., испр. и доп.. - Москва: Изд-во Московского университета, 2010. - 262 с.
7. Кепнер, Джереми. Параллельное программирование в среде MATLAB для многоядерных и многоузловых вычислительных машин: [учебное пособие] / Джереми Кепнер; науч. ред. Д. В. Дубров. - Москва: Изд-во Московского университета, 2013. - 292, [2] с.

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Столов Е. Л. Введение в цифровую обработку изображений и параллельные вычисления: [учеб. пособие] / Е. Л. Столов; Казан. гос. ун-т. - Казань: [КГУ], 2006. - 67, [1] с.: ил.; 20. - Библиогр.: с. 68 (3 назв.).
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования / Богачев К.Ю. - М. БИНОМ. Лаб. Знаний- 2003- 342с - ISBN: 5-94774-037-0
3. Слабнов В. Д. Программирование на C++: лекции / Слабнов В. Д. - Казань Познание -2012- 134 с-ISBN: 978-5-8399-0386-9

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>  
Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://algotlist.manual.ru/>  
Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru>  
Основы работы с технологией CUDA - [www.znanium.com](http://www.znanium.com)  
Параллельные алгоритмы: учебное пособие для студентов и аспирантов университетов и вузов, изучающих вычислительную математику и ее приложения, а также для специалистов по численному анализу - [http://z3950.ksu.ru/bcover/0000730145\\_con.pdf](http://z3950.ksu.ru/bcover/0000730145_con.pdf)  
Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

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

Освоение дисциплины "Параллельное и последовательное программирование" 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.

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

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 231300.68 "Прикладная математика" и магистерской программе Математическое моделирование .



Автор(ы):

Кадыров Р.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тимербаев М.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.