

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности КФУ

Проф. Д.К. Нургалеев



23.09.2015 г.

Программа дисциплины

Б1.В.ОД.5 Введение в высокопроизводительные вычисления

Направление подготовки: 01.06.01 Математика и механика

Направленность (профиль) подготовки: 01.01.02 Дифференциальные уравнения,
динамические системы и оптимальное управление

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения: очная

Язык обучения: русский

Казань

2015

Аннотация

1. Цели освоения дисциплины

В рамках курса "Введение в высокопроизводительные вычисления" предлагается изучение аппаратной и программной частей многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем, их классификация. Изучение общих подходов к построению параллельных алгоритмов и программных комплексов.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам. Читается на 2 курсе в 4 семестре для аспирантов обучающихся по направлению «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) в соответствии с ФГОС ВО программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

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.

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

Владеть: теоретическими знаниями в построении и программировании параллельных систем; практическими навыками в применении основных паттернов проектирования параллельных программных систем

Демонстрировать способность и готовность: применять полученные знания на практике

В результате освоения дисциплины формируются компетенции:

Общепрофессиональные: способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа (лекции 12 ч., практика 6 ч., самостоятельная работа 54 ч.).

№	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
1	Классификация параллельных архитектур	4	1-2	Лекции: 1 час; Самостоятельная работа: 4 часа	
2	Параллелизм и его использование	4	2-3	Лекции: 1 час; Самостоятельная работа: 4 часа	устный опрос
3	Технология программирования OpenMP	4	4-7	Лекции: 2 часа; Практика 2 часа; Самостоятельная работа: 6 часов	домашнее задание; контрольная работа
4	Технология программирования MPI	4	8-9	Лекции: 2 часа; Практика 2 часа; Самостоятельная работа: 6 часов	домашнее задание; контрольная работа
5	Гибридная модель параллельного программирования	4	9,10	Лекции: 2 часа; Самостоятельная работа: 10 часов	домашнее задание;
6	Параллельная реализация некоторых частных методов	4	11,12	Лекции: 2 часа; Практика 2 часа; Самостоятельная работа: 10 часов	Домашнее задание;
7	Явная схема Эйлера. Метод декомпозиции области.	4	13-15	Лекции: 2 часа; Самостоятельная работа: 14 часов	Домашнее задание; отчет.

5. Образовательные технологии

Обучение происходит в форме лекционных и практических занятий, а также самостоятельной работы аспирантов.

Изучение курса подразумевает получение практических навыков для более глубокого понимания разделов дисциплины на основе решения задач и упражнений, иллюстрирующих изучаемые технологии, а также развитие критического мышления и

способности самостоятельно применять полученные знания для решения практических задач.

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 аспирантов

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСУ

Тема 1. Классификация параллельных архитектур.

Классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультипроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с коопутируемой сетью межсоединений, NUMA, COMA.

Классификация машин параллельной обработки информации в модели общей памяти, подразумевающая разное отношение к построению вычислительных алгоритмов для них. Многомашинные системы с передачей сообщений, массивно-параллельные системы, кластеры и сети рабочих станций, ПО для управления многомашинными системами. PVM, MPI, Linda, Orca.

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 2. Параллелизм и его использование.

Графы информационных зависимостей. Концепция неограниченного параллелизма. Крупноблочное распараллеливание. Низкоуровневое распараллеливание. Оценка эффективности параллельных вычислений.

Разбор типовых примеров параллельных алгоритмов для решения задач линейной алгебры.

Тема 3. Технология программирования OpenMP.

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 4. Технология программирования MPI.

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 5. Гибридная модель параллельного программирования.

Совместное использование технологий программирования MPI, OpenMP.

Решение задач с привлечением обеих технологий - MPI и OpenMP. Разбор особенностей совместного использования.

Тема 6. 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.

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. 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.

Тема 7. Метод декомпозиции области Шварца с налегающими подобластями.

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.

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

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА АСПИРАНТОВ (СРА) включает следующие виды работ:

Темы 1-2.

Реферат. Варианты тем:

- 1) Описание какой-либо существующей параллельной архитектуры
- 2) Языки программирования, позволяющие создавать параллельные программы на уровне ядра языка или его стандартной библиотеки
- 3) Вычисления на графических процессорах и специализированных со-процессорах.

Тема 3.

Параллельная реализация численного интегрирования с использованием составных квадратных формул с использованием OpenMP.

Параллельная реализация волнового алгоритма поиска кратчайшего пути в графе.

Темы 4-5.

Параллельная реализация численного интегрирования с использованием составных квадратных формул с совместным использованием технологий MPI и OpenMP.

Тема 6.

Реализация reduce-алгоритма для скалярного произведения векторов.

Конвейерная реализация алгоритма, вычисляющего выражение $(A[i]*B[i]+C[i])/D[i]$

Исследование устойчивости алгоритма Штрассена.

Тема 7.

Программная реализация явной схемы Эйлера для решения двумерной нестационарной задачи Пуассона.

Программная реализация метода декомпозиции области с перекрытием для стационарной двумерной задачу Пуассона.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Линев, Алексей Владимирович. Технологии параллельного программирования для процессоров новых архитектур: учебник для студентов высших учебных заведений/ А. В. Линев, 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.

2. 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.

4. 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

дополнительная литература:

1. Ефимов, С. С. Параллельное программирование: учебное пособие / С. С. Ефимов; Федер. агентство по образованию, ОмГУ, Фак. компьютер. наук. ?Омск: [УниПак], 2009. 397 с

2. 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.:

3. 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.).

4. Кандаурова, Н. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. (Курс лекций и лабораторный практикум) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н. В. Кандаурова, С. В. Яковлев, В. П. Яковлев и др. - 2-е изд., стер. - М.: ФЛИНТА, 2013. - 344 с. <http://znanium.com/bookread.php?book=466100>

5. 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>

8. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям - <http://parallel.ru>

2. Основы работы с технологией CUDA - <http://www.znaniium.com>
3. 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
3. Справочник по компьютерной математике - <http://www.users.kaluga.ru/math/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО аспирантуры (Приказ Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 866)

Автор(ы): Кадыров Р.Ф.

Рецензенты: Павлова М.Ф.

Программа одобрена на заседании Учебно-методической комиссии Института математики и механики КФУ от 29 августа 2015 года, протокол № 11.