

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт систем информатики им. А.П. Ершова
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСИ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСИ СО РАН

« 28 » сентября 2016 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Введение в параллельные вычисления»

Направление подготовки: 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника»


Специальность: 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Составители рабочей программы
к.ф.-м.н., н.с.

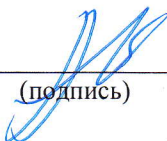
(должность, ученое звание, ученая степень)


(подпись)

Мигинский Д.С.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета Института
«27» сентября 2016 г., протокол № 4-2016


Председатель Ученого совета


(подпись)

Марчук А.Г.
(ФИО)

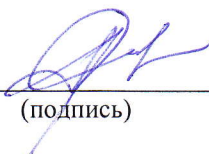
СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по науке
к.ф.-м.н.


(подпись)

Мурзин Ф.А.
(ФИО)

Зав. аспирантурой


(подпись)

Раманова С.А.
(ФИО)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Введение в параллельные вычисления" являются изучение аппаратной и программной частей многопроцессорных и многомашинных вычислительных систем, их классификация; изучение общих подходов к построению параллельных алгоритмов и программных комплексов.

(Указываются цели освоения дисциплины)

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (аспирантура)

Данная дисциплина «Специальные вопросы теории баз данных» (Б1.В.ДВ.6) относится к группе дисциплин по выбору аспиранта вариативной части по специальности 05.13.11.

3. Требования к уровню подготовки аспиранта, завершившего изучение данной дисциплины

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

- **знать:** принципы построения и функционирования аппаратно-программных комплексов, предназначенных для проведения параллельных вычислений; различия основных архитектур многопроцессорных вычислительных систем; методы анализа 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

Компетенции, формируемые у обучающихся, в соответствии с ООП по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» и профилю (специальности) 05.13.11 «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»:

Универсальные компетенции: УК1
Общепрофессиональные компетенции: ОПК1
Профессиональные компетенции: ПК1, ПК4, ПК6

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы 72 часов.

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	22

в том числе:	
лекции	14
семинары	
практические занятия	8
Контроль самостоятельной работы	
Самостоятельная работа аспиранта (всего)	50
Вид контроля по дисциплине	зачет

5. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем часов / зачетных единиц				
		Всего ауд. часов	из них			Самост. работа
			лекции	семинары	практика	
1	Классификация параллельных архитектур	4	2			2
2	Параллелизм и его использование	4	2			2
3	Технология программирования OpenMP	10	2		2	6
4	Технология программирования MPI	10	2		2	6
5	Гибридная модель параллельного программирования	12	2			10
6	Параллельная реализация некоторых частных методов	14	2		2	10
7	Явная схема Эйлера. Метод декомпозиции области.	18	2		2	14

6. Содержание дисциплины:

(Раздел, тема учебного курса, содержание лекции)

1. Классификация параллельных архитектур

Классификация Флинна, однопроцессорные системы, системы с векторными процессорами, мультимикропроцессорные системы с памятью общего использования, UMA SMP, когерентность кешей, UMA с кооперируемой 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.

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.

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.

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.

5. Гибридная модель параллельного программирования

Совместное использование технологий программирования MPI, OpenMP.

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

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.

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

7. Самостоятельная работа аспирантов

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 сопроцессорах.

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 двухмерной задачу Пуассона.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная и дополнительная литература

а) 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. Бастраков; 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.

3. 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

б) 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: Фешкс, 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=466100i>
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>

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Информационно-аналитический центр по параллельным вычислениям — <http://parallel.ru>
2. Основы работы с технологией CUDA — <http://www.znanium.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
4. Справочник по компьютерной математике — <http://www.users.kaluga.ru/math/>

8.2. Перечень вопросов и заданий (аттестации)

1. Охарактеризовать парадигмы параллельного программирования, основанные на параллелизме данных и на параллелизме задач.
2. Описать этапы разработки параллельных программ в схеме Фостера.
3. Какие существуют низкоуровневые и высокоуровневые средства параллельного программирования?
4. Описать целевую архитектуру ЭВМ для MPI-программ.
5. Описать схему передачи сообщений.
6. Что такое двухточечные обмены? Какие существуют виды двухточечных обменов?

7. Приведите пример ошибок, связанных с организацией двухточечных обменов.
8. Перечислите особенности буферизованного обмена. В каких ситуациях рекомендуется использовать буферизованный обмен?
9. Какими особенностями обладает обмен «по готовности»? Назовите достоинства и недостатки данного вида обмена.
10. Дать описание неблокирующих двухточечных обменов. Зачем нужна маркировка операций? Как используются блокирующие и неблокирующие проверки выполнения обмена?
11. Что такое отложенные обмены? В каких случаях они применяются?
12. Какими особенностями обладают коллективные обмены? Какие существуют виды коллективных обменов? Как выполняется синхронизация коллективных обменов?
13. Группы процессов, интеркоммуникаторы и интракоммуникаторы. Как реализуются обмены между двумя группами?
14. Что такое виртуальная топология обмена? Дать описание декартовой топологии и топологии графа.
15. Какие операции могут быть реализованы с помощью виртуальных топологий обмена?
16. В какой ситуации возникает необходимость использования пользовательских типов? Каков порядок создания пользовательского типа?
17. Дать определение односторонних обменов. В каких случаях они используются?

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для лекций используется класс, оснащённый мультимедийным проектором и имеющий в составе программное обеспечение MS Office и Acrobat Reader. Литература из основного и вспомогательного списков доступна в электронно-библиотечной системе ИСИ СО РАН и в Мемориальной библиотеке А.П. Ершова (каб. 265).

(Указывается материально-техническое обеспечение данной дисциплины)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

за 2016 / 2017 учебный год

В рабочую программу _____ Введение в параллельные вычисления
(наименование дисциплины)

Для специальности (тей) _____ 05.13.11
(номер специальности)

Вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____
(должность, ФИО, подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института

Председатель Ученого совета _____ (подпись) _____ (ФИО)