

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Национальный исследовательский университет
"Высшая школа экономики"**

Московский институт электроники и математики
Департамент прикладной математики

**Рабочая программа дисциплины
«Распределенные вычисления и параллельное программирование»**

для образовательной программы «Системы управления и обработки информации в инженерии»
направления подготовки 01.04.04 «Прикладная математика»
уровень «магистр»

Разработчики программы:
Щур Л.Н. д.т.н., профессор, lshchur@hse.ru

Одобрена на заседании кафедры ПИКСиС «__»__ 2016 г.

Зав. кафедрой Л.Н. Щур_____

Рекомендована Академическим советом образовательной программы
«__»_____ 2016 г., № протокола _____

Утверждена «__»_____ 2016 г.
Академический руководитель образовательной программы

С. А. Слестников_____

Москва, 2016

*Настоящая программа не может быть использована другими подразделениями
университета и другими вузами без разрешения кафедры-разработчика программы.*



1 Область применения и нормативные ссылки

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям студента и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей ведущих данную дисциплину, учебных ассистентов и студентов направления подготовки 01.04.04. «Прикладная математика», обучающихся по магистерской программе «Системы управления и обработки информации в инженерии», изучающих дисциплину «Распределенные вычисления и параллельное программирование».

Программа разработана в соответствии с:

- ФГОС по направлению 01.04.04. «Прикладная математика»;

Рабочим учебным планом университета по направлению подготовки 01.04.04. «Прикладная математика», утвержденным в 2016 году.

2 Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Распределенные вычисления и параллельное программирование» являются: формирование культуры параллельного и распределенного программирования студента, фундаментальная подготовка в области развития методов параллельного программирования, методов программирования на современных компьютерных и суперкомпьютерных системах, овладение аппаратом параллельного и распределенного программирования для дальнейшего использования в приложениях.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать

- эволюцию развития приемов и методов параллельного программирования;
- основы объектного программирования (язык C++) и команд операционных систем Unix/Linux;

- основные средства параллельного программирования

- MPI

- Open MP

- основы метода Монте-Карло

- основы генерации псевдо случайных чисел

Уметь:

- использовать параллельные методы Монте-Карло

- программировать с использованием средств OpenMP

- программировать с использованием средств MPI

Иметь навыки (приобрести опыт):

- параллельного программирования с использованием средств MPI и OpenMP



В результате освоения дисциплины студент осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС/ НИУ	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Способен разрабатывать и исследовать математические модели объектов, систем, процессов и технологий, предназначенных для проведения расчетов, анализа, подготовки решений.	ПК-7	Способен реализовать алгоритмы параллельных вычислений для расчетов на кластерных вычислительных системах, в том числе гибридных на C/C++ с использованием OpenMP и MPI с учетом особенностей CUDA и MIC.	Практические занятия, самостоятельная работа студента
Готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала.	ОК-3	Демонстрирует способность самостоятельного поиска, анализа информации по темам, выносимым на самостоятельное изучение	Самостоятельная работа студента

4 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина относится к базовой части профессионального цикла и является обязательной дисциплиной.

Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

Основы программирования, основы прикладной математики, основы теории вероятности.

Основные положения дисциплины могут быть использованы в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: научно-исследовательский семинар и выполнение выпускной квалификационной работы.

5 Тематический план учебной дисциплины

№	Название раздела	Всего часов	Аудиторные часы			Самостоятельная работа
			Лекции и	Семинары	Практические занятия	
1	Архитектура современных центральных процессоров, графических процессоров, кластерных систем	80	6		26	48
2	Параллельное и распределенное программирование с использованием OpenMP, MPI, SSE, AVX, Cuda, MIC. Генерация псевдослучайных чисел. Метод Монте-Карло вычисления интегралов.	72	6		24	42
	Итого	152	12		50	90

6 Формы контроля знаний студентов

Тип контроля	Форма контроля	1 год		Параметры **
		3 модуль	4 модуль	



Текущий (неделя)	Контрольная работа		9-я неделя	письменная работа 120 минут
	Домашнее задание №1	9-я неделя		Выдается на 4 неделе 3 модуля, принимается д.з. на 9 неделе 3 модуля
	Домашнее задание №2		6 неделя	
Итоговый	Экзамен		*	Устный экзамен

6.1 Критерии оценки знаний, навыков

При выполнении контрольной работы студент должен продемонстрировать умение решать задачи, аналогичные разобранным задачам в аудитории. При выполнении домашних заданий студент должен проявить самостоятельность при поиске дополнительной информации, продемонстрировать способность запрограммировать, отладить и запустить параллельную программу на заданной архитектуре.

На зачете студент должен продемонстрировать знание и понимание основных понятий, результатов и методов данной дисциплины.

Оценки по всем формам текущего контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

7 Содержание дисциплины

Тема 1. История развития вычислительной техники и методов параллельного и распределенного программирования (6 часов).

Эволюция вычислительной системы и ее элементов, центрального процессора и элементов иерархической памяти. Классификация параллельных компьютеров. Эффективность реализации параллельных вычислений. Распределенные вычисления. Классификация параллелизма (параллелизм данных, параллелизм функций, параллелизм ферм). Баланс загрузки. Понятие масштабируемости вычислений. Ускорение. Эффективность.

Тема 2. Библиотека MPI (12 часов).

Номер процесса. Атрибуты сообщения. Идентификатор сообщения. Основные процедуры библиотеки. Структура программы.

Тема 3. SMP программирование и OpenMP (12 часов).

Особенности использования общей памяти. Понятие потока. Директивы OpenMP. Распределение работы между потоками. Синхронизация потоков.

Тема 4. Система программирования PVM (12 часов).

Распределенное программирование с использованием PVM. Основные функции библиотеки PVM. Сравнение PVM и MPI.

Тема 5. Генерация псевдослучайных чисел (10 часов).

Случайные числа. Псевдослучайные числа (ПСЧ). Методы генерации ПСЧ. Метод фон Неймана. Пример Кнута. Линейно-конгруэнтный метод. Сдвиговый регистр. Современные методы. Проблема инициализации. Аппаратные и программные реализации. ПСЧ на основе SSE и AVX. ПСЧ на основе Cuda.

Тема 6. Методы Монте Карло, параллельные реализации (10 часов).

Вычисления многомерного интеграла методом Монте-Карло. Реализация с использованием Cuda и MPI.



8 Образовательные технологии

Занятия по курсу проходят в форме практических занятий. Для активизации процесса обучения преподаватель выдает задания, при выполнении которых студенту необходимо самостоятельно изучить отдельные темы. На практических занятиях преподаватель рассказывает необходимый теоретический материал и демонстрирует методы решения задач, консультирует по темам, изучаемым студентом самостоятельно, происходит обсуждение домашнего задания.

Практические занятия проходят в среде Linux. Используются компьютерный класс, удаленные запуск задач на кластерах и суперкомпьютерах учреждений РАН.

Для достижения хороших результатов при изучении дисциплины студентам необходимо самостоятельно дома решать задания, выданные преподавателем, а также разбирать материалы и соответствующие темы в рекомендованных учебниках.

9 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

Тематика заданий текущего контроля

Примерные задания для Домашнего задания №1:

1. вычисление многомерного интеграла с использованием библиотеки MPI/OpenMP
2. решение задачи Дирихле с использованием явной разностной схемы для уравнения Пуассона с использованием библиотеки MPI/OpenMP

Примерные задания для Домашнего задания №2:

1. вычисление многомерного интеграла с использованием библиотеки PVM
2. решение задачи Дирихле с использованием явной разностной схемы для уравнения

Пуассона с использованием библиотеки PVM

3. вычисление многомерного интеграла методом Монте-Карло с использованием на архитектуре Cuda/MIC

Примерные задания для контрольной работы (на контрольной работе студенту выдается одна задача для одной архитектуры)

1. написать и отладить программу вычисления многомерного интеграла с использованием библиотеки MPI/OpenMP/PVM
2. написать и отладить программу для решения задачи Дирихле с использованием явной разностной схемы для уравнения Пуассона с использованием библиотек MPI/OpenMP/PVM.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины

Примерный перечень вопросов к зачету по всему курсу для самопроверки студентов.

1. Какие бывают параллельные архитектуры? Каковы их основные особенности?
2. Какие средства программирования могут быть использованы для данной архитектуры? Какие средства программирования эффективны для данной архитектуры?
3. Какова должна быть структура параллельной программы при использовании данной программной библиотеки?
4. Каковы основные функции OpenMP/MPI/PVM?
5. Почему важна балансировка нагрузки? Как ее добиться на разных архитектурах?



6. Для чего нужна синхронизация потоков/процессов?
7. Какова область применения метода Монте-Карло?
8. Почему проблеме качества генерации ПСЧ придается такое значение?

10 Оценочные средства для текущего контроля и аттестации студента

Оценки по всем формам текущего и итогового контроля выставляются по 10-ти балльной шкале.

10.1 Порядок формирования оценок по дисциплине

Преподаватель оценивает самостоятельную работу студентов (выполнение домашних работ, задания для которых выдаются на семинарских занятиях). Оценки за самостоятельную работу студента преподаватель выставляет в рабочую ведомость. Оценки выставляются по 10-ти балльной шкале.

Накопленная оценка за текущий контроль в 3 модуле учитывает результаты студента по текущему контролю следующим образом:

$$\text{Онакопленная 1} = \text{Отекущий 1},$$

где

Отекущий 1 рассчитывается как взвешенная сумма всех форм текущего контроля, предусмотренных в РУП:

$$\text{Отекущий 1} = \text{Одз1};$$

$$\text{Опромежуточная 1} = \text{Отекущая 1}$$

Результующая оценка за дисциплину рассчитывается следующим образом:

$$\text{Результ} = 0,6 \cdot \text{Онакопленная Итоговая} + 0,4 \cdot \text{Итоговый экзамен},$$

где

$$\text{Онакопленная Итоговая} = (\text{Опромежуточная 1} + \text{Онакопленная 2}) : 2$$

Онакопленная 2 - накопленная оценка за 4 модуль, определяется следующим образом:

$$\text{Онакопленная 2} = 0,6 \cdot \text{Одз2} + 0,4 \cdot \text{Оконтр. работа 1}$$

Способ округления накопленной оценки промежуточного (итогового) контроля в форме зачета: арифметический.

На передаче студенту не предоставляется возможность получить дополнительный балл для компенсации оценки за текущий контроль.

На зачете студент может получить дополнительный вопрос (дополнительную практическую задачу), ответ на который оценивается в 1 балл.

11 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

11.1 Основная литература

[1] Воеводин Вл.В. Параллельная обработка данных. Курс лекций. <http://parallel.ru/vvv/>

[2] Воеводин Вл.В. Суперкомпьютерная грань компьютерного мира.
<http://parallel.ru/vvv/intro2hpc.html>

[3] Gregory Wilson. The History of the Development of Parallel Computing.



http://parallel.ru/history/wilson_history.html

- [4] Королев Л.Н. Структуры ЭВМ и их математическое обеспечение. – М.: Наука, 1978.
- [5] Ken Polsson. Chronology of Personal Computers.
<http://www.islandnet.com/~kpolsson/comphist/>
- [6] Вл.В.Воеводин, А.П.Капитонова. Методы описания и классификации вычислительных систем. – М.: Издательство МГУ, 1994. <http://parallel.ru/computers/taxonomy/>
- [7] MPI - Message Passing Interface, <http://WWW.ERC.MsState.Edu/misc/mpi/>
- [8] G.R. Andrews, Foundations of Multithreaded, Parallel, and Distributed Programming (Addison-Wesley, Reading, 2000). Русский перевод: Г.Р. Эндрюс, Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. – М.: Вильямс, 2003.
- [9] К.Ю. Богачев, Основы параллельного программирования. – М.: Бином, 2003.
- [10] В.Д. Корнеев, Параллельное программирование в MPI. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
- [11] С.А. Немнюгин, О.Л. Стесик, Параллельное программирование для многопроцессорных систем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
- [12] В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин, Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
- [13] Д. Кнут. Искусство программирования на ЭВМ.

11.2 Дополнительная литература

- [1] Jim Jeffers, James Reinders. Intel Xeon Phi Coprocessor High Performance Programming - Elsevier, 2013

11.3 Программные средства

Для успешного освоения дисциплины, студент использует следующие программные средства: GNU CC, OpenMPI, SSE, AVX, Cuda, Linux.

11.4 Дистанционная поддержка дисциплины

Домашние задания отправляются студентам по e-mail. Выполненные задания студенты отправляют преподавателю, он осуществляет их проверку.

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекций и практических занятий используется компьютерный класс и проекционное оборудование.