

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



УТВЕРЖДАЮ  
 Проректор по УМР  
 А.А. Панфилов  
 « 24 » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Распределенная обработка информации**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

**Направление подготовки:** 02.03.01 Математика и компьютерные науки

**Профиль/программа подготовки:** Математические методы в экономике и финансах

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения** очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
8	4/144	26	—	26	65	Экзамен / 27, КР
<b>Итого</b>	4/144	26	—	26	65	Экзамен / 27, КР

Владимир, 2015 г.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение основных понятий и принципов распределенной обработки данных и высокопроизводительных вычислений.

Формирование практических навыков, необходимых для разработки параллельных программ с использованием стандартизированного интерфейса передачи сообщений MPI (Message Passing Interface) для систем с распределенной памятью.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Распределенная обработка информации» находится в вариативной части основной профессиональной образовательной программы и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения (Операционные системы, Алгоритмы и алгоритмические языки, Объектно-ориентированное программирование, Дискретная математика и математическая логика). Для успешного освоения курса студенты должны: знать устройство и принципы функционирования ЭВМ, иметь представление о базовых алгоритмах и структурах данных, уметь применять языки программирования высокого уровня.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие профессиональные компетенции:

- способность передавать результат проведенных физико-математических и прикладных исследований в виде конкретных рекомендаций, выраженных в терминах предметной области изучавшегося явления (ПК-6);
- способность представлять и адаптировать знания с учетом уровня аудитории (ПК-8).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1. **Знать:** классификацию распределенных вычислительных систем, методы повышения производительности вычислительных систем, подходы к построению параллельных алгоритмов (ПК-6, 8);
2. **Уметь:** самостоятельно извлекать полезную научно-техническую информацию из различных источников, применять изученные методы при проектировании распределенных алгоритмов (ПК-6, 8);
3. **Владеть:** навыками использования современных средств решения вычислительных задач для систем с распределенной памятью (ПК-6, 8).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	СРС	КП / КР		
1.	Введение	8	1	2	—	—	4		1/50	Рейтинг-контроль №1
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	8	2-5	6	—	—	6		3/50	
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	8	6-8	6	—	13	8		8/42	Рейтинг-контроль №2
4.	Стандарт MPI	8	9-13	12	—	13	47		12/48	Рейтинг-контроль №3
<b>Всего:</b>		8	13	26	—	26	65	КР	24/46	Экзамен, 27

#### ЛЕКЦИИ

##### 1. Введение

Распределенные системы и распределенные вычисления. Предпосылки развития высокопроизводительных вычислений и современные достижения. Области использования распределенных вычислений.

##### 2. Архитектура распределенных вычислительных систем

Методы и единицы оценки производительности вычислительных систем.

Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров. Параллельная обработка. Конвейерная обработка.

Классификация Флинна. SISD-, SIMD-, MISD-, MIMD-системы. Мультипроцессоры и мультикомпьютеры. Системы с общей и распределенной памятью. NUMA- архитектуры. MPP-системы. Кластерные системы. Мета-компьютинг.

##### 3. Основные понятия параллельных алгоритмов

Распараллеливание алгоритмов на основе данных. Распараллеливание алгоритмов на основе задач. Автоматическое распараллеливание и границы применимости.

Степень параллелизма численного алгоритма. Алгоритм сдваивания. Зернистость. Ускорение и эффективность параллельного алгоритма.

Закон Амдаля и его практический смысл.

##### 4. Стандарт MPI

Назначение и история развития стандарта. Мультиплатформенность и независимость от языка.

Классификация функций MPI. Базовые типы данных.

Инициализации и закрытие MPI-процессов.

Коммуникационные операции типа «точка-точка».

Коллективные операции передачи данных в группе процессов.

Работа с группами процессов и коммутаторами.

Производные (пользовательские) типы данных. Упаковка и распаковка.  
Формирование топологии процессов.

### Лабораторные работы

#### Лабораторная работа №1

Знакомство с MPI. Настройка среды программирования. Написать программу для определения общего числа процессоров (MPI\_Comm\_Size), индивидуального номера процесса (MPI\_Comm\_Rank), вывода имен узлов кластера (MPI\_Get\_Processor\_Name).

#### Лабораторная работа №2

Написать программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую алгоритм передачи данных по двум кольцам: нечетные процессора образуют 1 кольцо, четные – второе.

Модифицировать программу, используя функцию MPI\_Sendrecv.

#### Лабораторная работа №3

Используя функции MPI\_Bcast/MPI\_Gather/MPI\_Allgather/MPI\_Scatter написать параллельную программу, реализующую параллельный алгоритм скалярного умножения векторов.

#### Лабораторная работа №4

1) Реализовать последовательный алгоритм умножения матрицы на вектор, получить зависимость времени реализации алгоритма от размера матрицы.

2) Реализовать параллельный строчно-ориентированный алгоритм умножения матрицы на вектор, вычислить время реализации алгоритма на 2, 4, 8 процессорах для размера матрицы от 100x100 до 1000x1000.

3) Вычислить ускорение и эффективность параллельного алгоритма по сравнению с последовательным в зависимости от размера матрицы.

#### Лабораторная работа №5

1) Реализовать последовательный алгоритм умножения матрицы на матрицу, получить зависимость времени реализации алгоритма от размера матрицы.

2) Реализовать параллельный алгоритм умножения матрицы на матрицу в случае, когда 1 матрица строчно-слоисто, а 2 - целиком распределены по процессорам, вычислить время реализации алгоритма на 2, 4, 8 процессорах для размера матрицы от 100x100 до 1000x1000.

3) Вычислить ускорение и эффективность параллельного алгоритма по сравнению с последовательным в зависимости от размера матрицы.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- лекционно-семинарская система обучения (традиционные лекционные и лабораторные занятия);

- обучение в малых группах (выполнение лабораторных работ в группах из двух или трёх человек);

- мастер-классы (демонстрация на лабораторных занятиях принципов расчета и проектирования оптических деталей и оптических систем);

- применение мультимедиа технологий (проведение лекционных занятий с применением компьютерных презентаций и демонстрационных роликов с помощью проектора или ЭВМ);

- информационно-коммуникационные технологии (применение информационных технологий для мониторинга текущей успеваемости студентов и контроля знаний).

**6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ  
УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ  
ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ  
ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**а) Вопросы к рейтинг-контролю:**

*Рейтинг-контроль №1*

1. Какие существуют единицы измерения производительности? Приведите известные Вам оценки производительности вычислительных систем.
2. Приведите классификацию высокопроизводительных вычислительных систем по организации оперативной памяти. Укажите достоинства и недостатки каждого класса систем.
3. Перечислите архитектуры вычислительных систем согласно классификации Флинна.
4. Дайте сравнительную характеристику моделям параллелизма данных и параллелизма задач.
5. Сформулируйте определение степени параллелизма алгоритма, ускорения и эффективности параллельного алгоритма.
6. Определите среднюю степень параллелизма алгоритма сдвигания, скалярного умножения векторов, умножения матрицы на вектор.
7. Приведите примеры алгоритмов, обладающих идеальной степенью параллелизма.
8. Выведите формулу закона Амдала и поясните ее практический смысл.

*Рейтинг-контроль №2*

1. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и неблокирующихся вызовов
2. Функции инициализации и завершения MPI программ. Определение количества и ранга процессов. Пример.
3. Функции приема/передачи сообщений между отдельными процессами.
4. Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных от процессов.
5. Групповые (коллективные) взаимодействия: Рассылка частей сообщения процессам. Сборка частей сообщения с процессов.
6. Функции поддержки распределенных операций: выполнение глобальных операций с возвратом результатов в главный процесс, выполнение глобальных операций с возвратом результатов во все процессы. Синхронизация процессов.

*Рейтинг-контроль №3*

1. Типы данных в MPI: базовые и производные. Способы конструирования производных типов. Примеры.
2. Упаковка и распаковка данных в MPI. Пример.
3. Группы процессов. Создание новых групп. Получение информации о группах. Примеры.
4. Коммуникаторы. Понятие интракоммуникатора и интеркоммуникатора. Создание коммуникаторов, удаление коммуникаторов, операции над коммуникаторами. Функции для интеркоммуникаторов. Примеры.
5. Топологии процессов. Декартова топология. Функция сдвига. Функция разбиения. Примеры.
6. Топологии процессов. Топология графа. Функции для работы с топологией графа. Функция определения типа топологии.

#### **б) Экзаменационные задачи:**

1. Напишите программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую следующий алгоритм: на нулевом процессоре инициализируется переменная (float a); нулевой процессор рассылает переменную a всем процессорам, включая самого себя; после получения переменной a все процессоры прибавляют к ней свой индивидуальный номер и передают на нулевой процессор; нулевой процессор получает от всех процессоров данные и выводит на экран в формате: номер процессора, пересланное им значение переменной a.
2. Напишите программу, используя блокирующие коммуникационные функции (MPI\_Send, MPI\_Recv), реализующую алгоритм передачи данных по кольцу: очередной процессор дожидается сообщения от предыдущего и потом посылает следующему процессу.
3. Напишите программу, используя коммуникационные функции (MPI\_Isend, MPI\_Irecv), передающую двумерный массив между двумя процессорами.
1. Напишите программу, используя коммуникационную функцию (MPI\_Sendrecv), реализующую алгоритм передачи данных по кольцу: очередной процессор дожидается сообщения от предыдущего и потом посылает следующему процессу.

#### **в) Самостоятельная работа студентов:**

1. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.
2. Подготовка к лабораторным работам и оформление отчетов по результатам из выполнения. Контроль осуществляется на занятиях в виде устных ответов на вопросы преподавателя по содержанию отчета.
3. Работа с дополнительной литературой по вопросам, вынесенным на самостоятельное изучение. Контроль осуществляется на зачете.
  - 1) Достоинства и недостатки SMP- и MPP- архитектур вычислительных систем.
  - 2) Отличие понятий процесса и потока в операционных системах.
  - 3) Проблемы синхронизации задач при параллельном программировании.
  - 4) Стандарт OpenMP. Назначение.
  - 5) Существующие реализации стандарта MPI.
  - 6) Протоколы обмена данными между процессами.
  - 7) Использование утилиты MPIRun.
  - 8) Отладка параллельных приложений.
  - 9) Методика оценки эффективности вычислений.
  - 10) Реализация матричных алгоритмов средствами MPI
  - 11) Распределенное решение дифференциальных уравнений.

#### **г) Примерные темы курсовых работ:**

- 1) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности методом продольно-поперечной прогонки
- 2) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности с помощью схемы расщепления
- 3) Численное решение средствами MPI двумерного нелинейного уравнения теплопроводности с помощью схемы предиктор-корректор
- 4) Численное решение средствами MPI трехмерного линейного уравнения теплопроводности с помощью явной разностной схемы
- 5) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения Пуассона итерационным методом Зейделя
- 6) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения Пуассона методом блочных итераций

- 7) Моделирование средствами MPI процесса взаимодействия твердых частиц с потоком газа
- 8) Численное решение средствами MPI двумерного уравнения переноса
- 9) Вычисление ранга произвольной матрицы средствами MPI
- 10) Моделирование средствами MPI процесса прохождения нейтронов через пластину

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) основная литература**

1. . Антонов, Александр Сергеевич. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP : учебное пособие для вузов по направлениям 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. С. Антонов ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ) ; авт. предисл. В. А. Садовничий .— Москва : Московский университет (МГУ), 2012 .— 339 с. : ил. — (Суперкомпьютерное образование) .— Библиогр.: с. 333-334 .— ISBN 978-5-211-06343-3.
2. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс] / Богачёв К.Ю. - М. : БИНОМ, 2013.
3. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс] / Федотов И.Е. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2012.
4. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс]/ Федотов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012.— 384 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Куликов И.М. Технологии разработки программного обеспечения для математического моделирования физических процессов. Часть 1. Использование суперкомпьютеров, оснащенных графическими ускорителями [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Куликов И.М.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 40 с.
2. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] / Топорков В.В. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2011.
3. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров [Электронный ресурс] / Сандерс Дж., Кэндрот Э. - М. : ДМК Пресс, 2011.

### **в) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Лаборатория Параллельных информационных технологий Научно-исследовательского вычислительного центра МГУ <http://parallel.ru>
2. MPICH: a high performance and widely portable implementation of the Message Passing Interface (MPI) standard. <https://www.mpich.org/>
3. Оригиналы стандарта MPI: <http://www.mpi-forum.org/docs/docs.html>.


## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные аудитории, оснащённые доской (для мела или маркера), экраном для проекционных систем, проектором и ноутбуком.

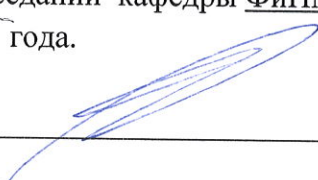
Аудитории для проведения занятий, оснащённые современными персональными компьютерами, объединёнными в локальную вычислительную сеть и укомплектованными необходимым системным и прикладным программным обеспечением.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 02.03.01 Математика и компьютерные науки.

Рабочую программу составил: доцент кафедры ФиПМ  А.С. Голубев

Рецензент (представитель работодателя)  Касов Д.С. Генеральный директор ООО "ФС Сервис"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
протокол № 8а от «29» 01 2015 года.

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.01 Математика и компьютерные науки  
протокол № 4А от «29» 01 2015 года.

Председатель комиссии  Н.А. Давлатов

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_