

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)



А.А. Панфилов

«07» \_\_\_\_\_ 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Распределенная обработка информации**

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 02.03.02 Фундаментальная информатика и  
информационные технологии

Профиль/программа подготовки: \_\_\_\_\_

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очная, ускоренная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
6	5/180	36	—	27	90	Экзамен / 27ч, КР
<b>Итого</b>	5/180	36	—	27	90	Экзамен / 27ч, 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, дисциплина по выбору. Изучение дисциплины проходит в шестом семестре.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения (Архитектура компьютеров, Операционные системы, Алгоритмы и алгоритмические языки, Языки и методы программирования, Системные и математические основы суперкомпьютерных технологий). 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 применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, методологии системной инженерии, системы автоматизации проектирования, электронные библиотеки и коллекции, сетевые технологии, библиотеки и пакеты

программ, современные профессиональные стандарты информационных технологий (ОПК-2);

- способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям (ОПК-3);

- способность использовать современные инструментальные и вычислительные средства (ПК-3);

- способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности (ПК-5);

- способность эффективно применять базовые математические знания и информационные технологии при решении проектно-технических и прикладных задач, связанных с развитием и использованием информационных технологий (ПК-6).

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;

2. **Уметь:** самостоятельно извлекать полезную научно-техническую информацию из различных источников, применять изученные методы при проектировании распределенных алгоритмов;

3. **Владеть:** навыками использования современных средств решения вычислительных задач для систем с распределенной памятью.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетные единицы, 180 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	6	1	2	—	—	4		0/0	Рейтинг-контроль №1
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	6	1-2	4	—	—	8	КР	0/0	
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	6	3-4	4	—	—	8	КР	0/0	
4.	Стандарт MPI	6	5-9	20	—	27	70	КР	27/57	
<b>Всего:</b>			9	36	—	27	90	КР	27/48	экзамен

## 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 сдвигания.  
Зернистость. Ускорение и эффективность параллельного алгоритма.

Закон Амдала 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 и семинарских 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 сдваивания, скалярного умножения векторов, умножения матрицы на вектор.

7. Приведите примеры алгоритмов, обладающих идеальной степенью параллелизма.

8. Выведите формулу закона Амдаля и поясните ее практический смысл.

#### *Рейтинг-контроль №2*

9. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и неблокирующихся вызовов

10. Функции инициализации и завершения MPI программ. Определение количества и ранга процессов. Пример.

11. Функции приема/передачи сообщений между отдельными процессами.

12. Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных от процессов.

13. Групповые (коллективные) взаимодействия: Рассылка частей сообщения процессам. Сборка частей сообщения с процессов.

14. 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*

15. Типы данных в MPI: базовые и производные. Способы конструирования производных типов. Примеры.

16. Упаковка и распаковка данных в MPI. Пример.

17. Группы процессов. Создание новых групп. Получение информации о группах. Примеры.

18. Коммуникаторы. Понятие интракоммуникатора и интеркоммуникатора. Создание коммуникаторов, удаление коммуникаторов, операции над коммуникаторами. Функции для интеркоммуникаторов. Примеры.

19. Топологии процессов. Декартова топология. Функция сдвига. Функция разбиения. Примеры.

20. 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 их 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.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС		
		(1)	(2)	(3)
1.	Введение	2		2
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	2		6
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	2		6
4.	Стандарт MPI	20	40	10
	Всего	26 ч.	40 ч.	24 ч.

#### 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.
- 11)

## **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. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996309399.html>

3. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс] / Федотов И.Е. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2012. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785913591029.html>

4. Федотов И.Е. Модели параллельного программирования [Электронный ресурс]/ Федотов И.Е.— Электрон. текстовые данные.— М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012.— 384 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20877>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

### **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.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45044>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] / Топорков В.В. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922104950.html>

3. Богачёв К.Ю. Основы параллельного программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Богачёв К.Ю.— Электрон. текстовые данные.— М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 343 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20702>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

#### **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 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Рабочую программу составил: доцент кафедры ФиПМ

А.С. Голубев 

Рецензент (представитель работодателя) 

Квасов Д.С.


Член-директор ООО "РС Сервис"  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ протокол № 11 от «07» 04 2015 года.

Заведующий кафедрой  С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

протокол № 11 от «07» 04 2015 года.

Председатель комиссии  С.М. Аракелян

### 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 \_\_\_\_\_