

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД
А.А. Гранфилов
2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Распределенная обработка информации

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль/программа подготовки: _____

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения очная

Семестр	Трудоёмкость зач. ед./час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля (Экз./зачет)
8	5/180	32	—	24	97	Экзамен / 27, КР
Итого	5/180	32	—	24	97	Экзамен / 27, КР

Владимир, 2018 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Распределенная обработка информации» является 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 относится к дисциплине по выбору.

Дисциплина логически и содержательно-методически связана с рядом теоретических дисциплин и практик предшествующего периода обучения (Архитектура компьютеров, Алгоритмы и анализ сложности, Языки и методы программирования, Системное и прикладное программное обеспечение, Операционные системы, Объектно-ориентированное программирование). 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.

Дисциплина формирует знания и навыки, необходимые в практической деятельности квалифицированного специалиста, изучается в конце теоретического курса. В рамках учебного процесса они могут быть использованы при подготовке выпускной квалификационной работы.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие компетенции:

- способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой (ОПК-1);
- 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 к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения (ПК-7).

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 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	—	—	6		1/50	Рейтинг-контроль №1	
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	8	1-2	6	—	4	10		5/50		
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	8	3-4	8	—	—	10		4/50		Рейтинг-контроль №2
4.	Стандарт MPI	8	5-9	16	—	20	71		12/33		Рейтинг-контроль №3
Всего:		8	9	32	—	24	97	КР	22/39	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 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

1. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и неблокирующихся вызовов
2. Функции инициализация 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) Примерный список экзаменационных задач:

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.
4. 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) 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

г) 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 экзамене.
 - 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.
4. Выполнение задания курсовой работы и подготовка отчета. Защита курсовой работы (зачет/незачет) осуществляется в конце семестра в форме демонстрационного запуска на ЭВМ реализованной программы и ответов на вопросы по содержанию отчета.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам дисциплины:

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС			
		(1)	(2)	(3)	(4)
1.	Введение	2	—	4	—
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем	4	—	6	—
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	4	—	6	—
4.	Стандарт MPI	20	11	10	30
	Всего	30 ч.	11 ч.	26 ч.	30 ч.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI [Электронный ресурс] / А. С. Антонов. — 2-е изд. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 83 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73704.html>

2. Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс] / М. П. Левин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 133 с. — 978-5-94774-857-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52216.html>
3. Туральчук, К. А. Параллельное программирование с помощью языка C# [Электронный ресурс] / К. А. Туральчук. — 3-е изд. — Электрон. текстовые данные. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 189 с. — 978-5-4486-0506-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79714.html>

б) дополнительная литература:

1. Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ [Электронный ресурс] / Энтони Уильямс; Пер. с англ. Слинкин А.А. – М. ДМК Пресс, 2012.
2. 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.
3. Модели распределенных вычислений [Электронный ресурс] / Топорков В.В. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011.
4. 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 01.03.02 Прикладная математика и информатика

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

Рецензент (представитель работодателя) Ген. директор ООО «ФС Сервис» Красов Д.С.
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры _____ ФиПМ
протокол №1 от 03.09.2018 года.

Заведующий кафедрой _____ С.М. Аракелян

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 01.03.02 Прикладная математика и информатика
протокол №1 от 03.09.2018 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 _____