



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»
Руководитель ОП

 Пак Т.В.

«УТВЕРЖДАЮ»
Директор департамента Математического
и компьютерного моделирования
и компьютерных технологий
(Школа) Сущенко А.А.

«25» марта 2022г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных
Направление подготовки **02.03.01 Математика и компьютерные науки**
(Сквозные цифровые технологии)
Форма подготовки очная

курс 4 семестр 7
лекции 32 час.
практические занятия 00 час.
лабораторные работы 34 час.
в том числе с использованием МАО лек. 18 час./ пр. час./ лаб. 34 час
всего часов аудиторной нагрузки 66 час.
самостоятельная работа 78 час.
в том числе на подготовку к экзамену 36 час.
контрольные работы (количество) не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены
зачет не предусмотрен
экзамен 7 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 02.03.01 Математика и компьютерные науки, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 23 августа 2017 № 807 (с изменениями и дополнениями)

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента математического и компьютерного моделирования, протокол № 6 от «05» марта 2022 г.

Директор департамента математического и компьютерного моделирования Сущенко А.А.
Составитель: доцент Пак Т. В.

Владивосток
2022

Оборотная сторона титульного листа РПД

I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № _____

Директор департамента _____
(подпись) (И.О. Фамилия)

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

Цель: Освоение методологии программирования и методов проектирования на основе высокопроизводительных программно-аппаратных средств.

Задачи:

- освоение теоретических положений по разработке программ ЭВМ;
- изучение методов проектирования;
- практическое освоение методов проектирования и программирования.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
организационно-управленческий	ПК-6 Способен составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы	ПК-6.1 использует принципы разработки и отладки программного кода, методы тестирования программного обеспечения
		ПК-6.2 использует методы по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановления работоспособность
		ПК-6.3 разрабатывает программный код, проводит его отладку и тестирование, своевременно принимает меры по выявлению и устранению сбоев и отказов в работе программного обеспечения, ликвидации их последствий и восстановлению работоспособности

II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётные единицы (180 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Се м е ст я	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося	Формы промежуточной
---	---------------------------------	-------------	---	---------------------

			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	аттестации
1	Теоретическая и практическая часть	7	32	34			78	36	экзамен
Итого:			32	34			78	36	

III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Тема 1. Введение: Распределенные системы и распределенные вычисления. Предпосылки развития высокопроизводительных вычислений и современные достижения. Области использования распределенных вычислений.

Тема 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.

Тема 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.

Тема 4. Стандарт MPI: Назначение и история 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) тип данных. Упаковка и распаковка. Формирование топологии процессов.

IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практическая 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).

Практическая 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.

Практическая работа 3. Используя функции MPI_Bcast/MPI_Gather/MPI_Allgather/MPI_Scatter написать параллельную программу, реализующую параллельные алгоритм скалярного умножения векторов.

Практическая 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.

Практическая 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-слоиста, а 2 – целиком распределена 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.

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ (И ОНЛАЙН КУРСА ПРИ НАЛИЧИИ)

Самостоятельная работа студентов в рамках дисциплины «Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных» предусматривает три вида деятельности:

1. Подготовка к текущему контролю и промежуточной аттестации.
2. Подготовка к практическим 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.

Список вопросов для самостоятельного изучения:

- 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 процессорами.
- 7 Использование утилиты MPIRun.
- 8 Отладка параллельных приложений.
- 9 Методика оценки эффективности вычислений.
- 10 Реализация матричных алгоритмов средствами MPI.
- 11 Распределенное решение дифференциальных уравнений.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию:

№ п/п	Раздел дисциплины	Вид СРС			Неделя семестра	Количество баллов
		1.	2.	3.		
1.	Введение	4	4	4	1-2	0-25
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем.	8	8	8	3-6	0-25
3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	8	8	8	7-10	0-25
4.	Стандарт MPI	10	10	10	11-18	0-25
	Всего	30	30	30		100

VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Введение	ПК-6	знает	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	Рейтинг-контроль 1.
		ПК-6	умеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
		ПК-6	владеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
2.	Архитектура распределенных вычислительных систем.	ПК-6	знает	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
		ПК-6	умеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
		ПК-6	владеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	

3.	Основные понятия параллельных алгоритмов	ПК-6	знает	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	Рейтинг-контроль 2.
		ПК-6	умеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
		ПК-6	владеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
4.	Стандарт MPI	ПК-6	знает	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	Рейтинг-контроль 3.
		ПК-6	умеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	
		ПК-6	владеет	Устный опрос, практические задания, самостоятельные работы., творческие задания.	

VII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Гергель, В. П. 1. Гергель, В. П. Современные языки и технологии параллельного программирования [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / В. П. Гергель; Б-ка Нижегород. гос. ун-та им. Н. И. Лобачевского. - Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 407 с.
2. Антонов, А. С. Технологии параллельного программирования MPI и OpenMP [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям ВПО 010400 "Прикладная математика и информатика" и 010300 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" / А. С. Антонов; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва : Изд-во Моск. ун-та, 2012. - 340 с.

Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений– М.:Интуит.РУ, 2007. – 424 с. – Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=233067
3. Инструменты параллельного программирования в системах с общей памятью [Текст] : учеб. Для вузов / К. В. Корняков [и др.]; под ред. В. П. Гергеля ; Нижегород. гос. ун-т им. Н. И. Лобачевского. 2-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 2010. - 267 с.

4. Черемисинов Д. И. Проектирование и анализ параллелизма в процессах и программах. [Электронный ресурс] - Белорусская наука, 2011. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/book/86701/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <http://www.citforum.ru/> - портал аналитических и научных статей в области информационных технологий
2. <http://www.rsdn.ru> - сайт Российской сети разработчиков ПО, содержит статьи по современным средствам программирования.
 1. <http://www.intuit.ru> – сайт Интернет-университета информационных технологий, представляет учебные курсы по разным областям ИТ.

VIII. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

На лекционных занятиях рассматривается теоретический материал. На практических занятиях закрепляются знания, умения и навыки, приобретенные на лекциях и самостоятельно. Формы работ: письменные и устные опросы, выполнение практических работ, творческих проектов. Сроки сдачи практических работ преподавателем четко оговариваются.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает следующие виды работ:

4. Работа с литературой.
5. Работа с ресурсами Интернет.
6. Выполнение домашних заданий.
7. Проработка лекционного курса, подготовка к рейтинг-контролям.
8. Доработка и защита практических работ.

Преподаватель определяет содержание самостоятельной работы, график ее выполнения; создает сетевую информационную и коммуникационную среду для организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа обучающихся по изучаемой дисциплине призвана не только, закреплять и углублять знания, полученные во время аудиторных занятий, но и способствовать развитию у обучающихся творческих навыков, инициативы, умению организовывать свое время.

Все виды самостоятельной работы и планируемые на их выполнение затраты времени в часах исходят из того, что студент достаточно активно работал в аудитории, слушая лекции и решая задачи на практических

занятиях. В случае пропуска лекций и практических занятий студенту потребуется сверхнормативное время на освоение пропущенного материала.

Самостоятельная работа студента заключается в проработке конспектов лекций и практических занятий и самостоятельном изучении отдельных тем с использованием учебной и дополнительной литературы. Результатами самостоятельной работы должны являться тематические конспекты, доклады. Проверка выполнения плана самостоятельной работы проводится на консультации (проверка наличия конспектов по темам из плана самостоятельной работы). Доклады защищаются на практических занятиях и лекциях.

IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных» предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерное и мультимедийное оборудование:

- Сетевой компьютерный класс с выходом в Интернет.
- Мультимедийная лекционная аудитория с выходом в Интернет.
- Внутренняя учебная сеть Вуза.
- Электронные библиотеки Вуза.

X. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине созданы фонды оценочных средств:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции/планируемые результаты обучения	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-1 Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Рейтинг-контроль 1
2	Архитектура распределенных вычислительных систем.	ПК-1 Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Рейтинг-контроль 1
	Основные понятия параллельных алгоритмов	ПК-1 Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Рейтинг-контроль 2
	Стандарт MPI	ПК-1 Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики	Рейтинг-контроль 3

Описание показателей и критериев оценивания:

Оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (max – 5)	Менее 3 (Менее 60%)	3-3,5 (61-74%)	3,6 -4,4 (75-84%)	4,5-5 (85-100%)

Оценка	Незачет	Зачет
Набранная сумма баллов (% выполненных заданий) (маx – 5)	Менее 3 (Менее 60%)	3,1 – 5 (61-100%)

Зачетно-экзаменационные материалы

Вопросы к рейтинг-контролю 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.

Вопросы к рейтинг-контролю 2:

1. Приведите примеры локальных и глобальных коммуникационных функций MPI. Отличие блокирующихся и не блокирующихся вызовов.
2. Функции инициализация и завершения MPI программ. Определение количества и ранга процессов. Примеры.
3. Функции приема/передачи сообщений между отдельными процессами.
4. Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных с 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.

Вопросы к рейтинг-контролю 3:

1. Типы данных в MPI: базовые и производные. Способы конструирования производных типов. Примеры.
2. Упаковка и распаковка данных в MPI. Примеры.
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.