

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Прикладной информатики

Рабочая программа дисциплины

Распределенные вычисления и приложения

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

09.03.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль):

Прикладные информационные системы и технологии

Уровень:

Бакалавриат

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП

Яготничева Яготничева Н.В.

Утверждаю

Председатель УМС И.И. Палкин И.И. Палкин

Рекомендована решением

Учебно-методического совета

11 06 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

15 05 2019 г., протокол № 5

И.о. зав. кафедрой Истомин Е.П. Истомин Е.П.

Авторы-разработчики:

Яготничева / Яготничева Н.В.

Санкт-Петербург 2019

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины – изучение методов и технологии параллельных вычислений и применение их для решения задач анализа данных и математического моделирования.

Основные задачи дисциплины:

- Изучить архитектуры параллельных вычислительных систем.
- Познакомить с концепцией параллельного программирования.
- Освоить технологии многопоточного программирования.
- Освоить технологии программирования GPU.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы. Изучение дисциплины требует входных компетенций, знаний, умений и навыков, предусмотренных следующими курсами:

- Информатика и программирование
- Операционные и телекоммуникационные системы
- Информационные системы и технологии
- Обработка и анализ данных
- Проектирование баз данных

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции ПК-11

Таблица 1.

Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
ПК-11. Способен проектировать программное обеспечение	ИДПК-11.1. Использует существующие типовые решения и шаблоны проектирования программного обеспечения ИДПК-11.2. Применяет методы и средства проектирования программного обеспечения, структур данных, баз данных, программных интерфейсов ИДПК-11.3. Использует принципы и виды построения архитектуры программного обеспечения

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 8 зачетные единицы, 288 академических часа.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Объем дисциплины	288

Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	112
в том числе:	-
лекции	56
занятия семинарского типа:	
лабораторные занятия	56
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	176
в том числе:	-
курсовая работа	-
контрольная работа	-
Вид промежуточной аттестации	Зачет, Экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1.	Введение в основы параллелизма	7	8	4	8	Устный опрос	ПК-11	ИДПК-11.2.
2.	Многопоточное программирование	7	8	8	20	Устный опрос перед выполнением практической работы, отчет по практической работе	ПК-11	ИДПК-11.1.
3.	Параллельное программирование на основе технологии OpenMP	7	8	8	34	Устный опрос перед выполнением практической работы, отчет по практической работе	ПК-11	ИДПК-11.1.

4.	Параллельное программирование на основе технологии MPI	8	4	8	40	Устный опрос перед выполнением практической работы, отчет по практической работе	ПК-11	ИДПК-11.2.
5.	Программирование для GPU	8	6	6	40	Устный опрос перед выполнением практической работы, отчет по практической работе	ПК-11	ИДПК-11.2.
6.	Тенденции развития современных инфраструктурных решений	8	8	8	34	Устный опрос, доклады	ПК-11	ИДПК-11.3.
ИТОГО		-	56	56	176	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины

Введение в основы параллелизма

Основные принципы и особенности распределенных систем. Технологии распределенных приложений. Классификация и история развития распределенных вычислительных систем. Требования к средствам и методам распределенных вычислений.

Математические основы параллельных вычислений. Архитектура современных параллельных вычислительных систем. Аспекты параллелизма в операционных системах. Понятия последовательного и параллельного алгоритма, последовательной и параллельной программы. Закон Амдаля.

Многопоточное программирование

Базовые распределенные алгоритмы. Алгоритмы распространения информации. Проверка связности графа. Алгоритм вычисления кратчайших расстояний.

Распределенные алгоритмы на графах. Алгоритмы вычисления минимального остовного дерева. Алгоритм поиска максимального потока в сети.

Процессы и потоки в операционной системе. Многопоточное программирование. Недетерминированность параллельных программ. Гонки данных. Блокировки. Взаимоблокировки. Методы борьбы с взаимоблокировками.

Модели многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью. Модель конвейерной системы. Представление алгоритма в виде графа потока данных. Расписание параллельных вычислений. Показатель временной сложности алгоритма. Основные понятия теории сетей Петри. Использование сетей Петри для описания параллельных вычислений. Понятие процесса. Синхронизация параллельных процессов. Аппарат событий. Пример реализации в операционной системе. Многозадачный режим работы ЭВМ как частный случай параллельной обработки.

Параллельное программирование на основе технологии OpenMP

OpenMP как стандарт параллельного программирования для систем с общей памятью. Принципы организации параллелизма. Составные части OpenMP. Директивы компилятора, функции run-time библиотеки. Основные директивы OpenMP. Формат записи. Области видимости. Типы директив. Распределение вычислений между потоками. Управление областью видимости данных. Синхронизация как задача параллельного программирования. Средства синхронизации в OpenMP. Библиотека функций OpenMP. Особенности использования общей памяти. Понятие потока. Директивы OpenMP. Распределение работы между потоками. Синхронизация потоков. Функции и переменные окружения. Сравнительная характеристика подходов параллельного программирования для систем с распределенной и общей памятью.

Параллельное программирование на основе технологии MPI

MPI как стандарт параллельного программирования для систем с распределенной памятью. История развития MPI (в виде стандарта и в виде практических реализаций). Структура программы на MPI, принципы организации параллелизма. Настройка средств разработки, способы запуска. Состав MPI. Поддержка модели взаимодействия параллельных вычислителей при помощи передачи сообщений. Основные программные примитивы системы MPI. Пример использования. Организация вычислений на многопроцессорной системе. Использование технологии кросс эмуляции при разработке параллельных программ.

Программирование для GPU

Архитектура ускорителей вычислений GPU. Сравнение GPU и CPU. Технологии программирования для GPU CUDA и OpenACC

Тенденции развития современных инфраструктурных решений

Обзор современных методов и средств организации распределенных вычислений. Грид-системы. Задача построения Грид-систем. История развития Грид-систем. Обзор инструментария Globus Toolkit для построения Грид-систем.

Облачные вычисления. Понятие облачных вычислений. Область применения облачных технологий. Обзор средств организации облачных вычислений

Распределенные системы высокой пропускной способности. Высокопроизводительные вычислительные распределенные системы. Распределенные системы хранения данных. Живучесть распределенных систем.

4.4. Содержание практических работ

Таблица 4.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов
1	Архитектура параллельных вычислительных систем	4
2	Разработка многопоточных программ	8
3	Разработка параллельных программ на OpenMP	8
4	Разработка параллельных программ на MPI	8
5	Разработка параллельных программ на GPU	6

6	Обзор современных методов и средств организации распределенных вычислений.	8
---	--	---

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Таблица 5.

№ раздела курса и темы самостоятельного изучения	Содержание вопросов и заданий для самостоятельного изучения
Введение в основы параллелизма	-
Многопоточное программирование	Серверы приложений и прикладные протоколы
Параллельное программирование на основе технологии OpenMP	Развитие систем обработки информации. Основные проблемы и перспективы развития распределенных систем обработки информации.
Параллельное программирование на основе технологии MPI	Представление данных в информационных системах. Способы представления данных в информационных системах.
Программирование для GPU	Характеристика типовых задач, решаемых клиентскими программами. Функциональные возможности клиентской части.
Тенденции развития современных инфраструктурных решений	Основы разработки серверного программного обеспечения. Принципы построения серверной части программного обеспечения. Основные задачи, выполняемые серверными программами.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится в форме выполнения практических работ, опроса и доклада.

Примерная тематика докладов

- 1) Сети хранения данных
- 2) Многоядерные архитектуры современных вычислительных комплексов
- 3) Облачные хранилища и основные сервисы
- 4) Облачные вычисления
- 5) Облачные технологии и их применение

- 6) Облачные хранилища данных
- 7) Грид и облачные вычисления
- 8) Дата центры
- 9) Облачные технологии второго поколения.
- 10) Серверная виртуализация
- 11) Программно-конфигурируемые сети
- 12) Модель SaaS/AaaS
- 13) Архитектура приложений в облаке
- 14) Технические возможности платформы Windows Azure

Критерии оценки докладов

Доклад **зачтен**, если:

1. Качество доклада:
 - 1.1. - производит выдающееся впечатление, сопровождается иллюстративным материалом;
 - 1.2. - четко выстроен;
2. Использование демонстрационного материала:
 - 2.1. - автор представил демонстрационный материал и прекрасно в нем ориентировался;
 - 2.2. - использовался в докладе, хорошо оформлен, но есть неточности;
3. Качество ответов на вопросы:
 - 3.1. - отвечает на вопросы;
 - 3.2. - не может ответить на большинство вопросов;
4. Четкость выводов:
 - 4.1. - полностью характеризуют работу;
 - 4.2. - нечетки;

Доклад **не зачтен**, если:

1. Качество доклада:
 - 1.1. - рассказывается, но не объясняется суть работы;
 - 1.2. - зачитывается.
2. Использование демонстрационного материала:
 - 2.1. - представленный демонстрационный материал не использовался докладчиком или был оформлен плохо, неграмотно.
3. Качество ответов на вопросы:
 - 3.1. - не может четко ответить на вопросы.
4. Четкость выводов:
 - 4.1. - имеются, но не доказаны.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**.

Форма проведения зачета: *устно по вопросам*

ПК-11

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

- 1) Математические основы параллельных вычислений.
- 2) Архитектура современных параллельных вычислительных систем.
- 3) Аспекты параллелизма в операционных системах.
- 4) Понятия последовательного и параллельного алгоритма, последовательной и параллельной программы.
- 5) Закон Амдаля.
- 6) Процессы и потоки в операционной системе.
- 7) Многопоточное программирование.
- 8) Недетерминированность параллельных программ.

- 9) Гонки данных.
- 10) Блокировки. Взаимоблокировки.
- 11) Методы борьбы с взаимоблокировками.
- 12) OpenMP как стандарт параллельного программирования для систем с общей памятью. Принципы организации параллелизма.
- 13) Составные части OpenMP. Директивы компилятора, функции run-time библиотеки.
- 14) Основные директивы OpenMP. Формат записи. Области видимости. Типы директив.
- 15) Распределение вычислений между потоками.
- 16) Управление областью видимости данных.
- 17) Синхронизация как задача параллельного программирования. Средства синхронизации в OpenMP.
- 18) Библиотека функций OpenMP.

Зачет оценивается по двухбалльной шкале: «зачтено»/ «незачтено».

Оценка «Зачёт» ставится, если:

1. полно раскрыто содержание материала билета;
2. материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология;
3. показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации;
4. продемонстрировано усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость компетенций, умений и навыков;
5. ответ прозвучал самостоятельно, без наводящих вопросов;
6. допущены одна – две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправляются по замечанию.
7. в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа;

Оценка «Незачёт» ставится, если:

1. не раскрыто основное содержание учебного материала;
2. обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
3. допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов.
4. не сформированы компетенции, умения и навыки.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **экзамен**.

Форма проведения зачета: *устно по вопросам*

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-11

- 1) Основные принципы и особенности распределенных систем.
- 2) Требования к средствам и методам распределенных вычислений.
- 3) Понятия последовательного и параллельного алгоритма, последовательной и параллельной программы.
- 4) Базовые распределенные алгоритмы.
- 5) Алгоритмы распространения информации.
- 6) Многопоточное программирование.
- 7) Недетерминированность параллельных программ.
- 8) Блокировки. Взаимоблокировки. Методы борьбы с взаимоблокировками.
- 9) Модели многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью.
- 10) Стандарт параллельного программирования для систем с общей памятью OpenMP

- 11) Синхронизация параллельных процессов.
- 12) Принципы организации параллелизма.
- 13) Распределение вычислений между потоками.
- 14) Синхронизация как задача параллельного программирования.
- 15) Средства синхронизации в OpenMP.
- 16) Понятие потока. Распределение работы между потоками.
- 17) Стандарт параллельного программирования для систем с распределенной памятью MPI.
- 18) Структура программы на MPI, принципы организации параллелизма.
- 19) Настройка средств разработки, способы запуска. Состав MPI.
- 20) Архитектура ускорителей вычислений GPU.
- 21) Сравнение GPU и CPU.
- 22) Технологии программирования для GPU CUDA и OpenACC
- 23) Задача построения Грид-систем.
- 24) Облачные вычисления.
- 25) Область применения облачных технологий.
- 26) Обзор средств организации облачных вычислений
- 27) Распределенные системы высокой пропускной способности.
- 28) Высокопроизводительные вычислительные распределенные системы.
- 29) Распределенные системы хранения данных.
- 30) Живучесть распределенных систем.

Экзамен оценивается по четырехбалльной шкале: «отлично» / «хорошо» / «удовлетворительно» / «неудовлетворительно».

Оценка **«отлично»** ставится студенту, ответ которого содержит:

- глубокое знание программного материала, а также основного содержания и нотаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой;
- знание концептуально-понятийного аппарата всего курса;

а также свидетельствует о способности:

- самостоятельно критически оценивать основные положения курса;
- увязывать теорию с практикой.

Оценка «отлично» не ставится в случаях систематических пропусков студентом семинарских и лекционных занятий по неуважительным причинам, а также неправильных ответов на дополнительные вопросы преподавателя.

Оценка **«хорошо»** ставится студенту, ответ которого свидетельствует о полном знании материала по программе, а также содержит в целом правильное, но не всегда точное и аргументированное изложение материала.

Оценка «хорошо» не ставится в случаях пропусков студентом семинарских и лекционных занятий по неуважительным причинам.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится студенту, ответ которого содержит:

- поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса;
- затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии курса;
- стремление логически четко построить ответ, а также свидетельствует о возможности последующего обучения.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится студенту, имеющему существенные пробелы в знании основного материала по программе, а также допустившему принципиальные ошибки при изложении материала.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

7.1. Методические указания к занятиям лекционного типа

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.

7.2. Методические указания к занятиям семинарского типа

Практические занятия

На практических занятиях обсуждаются проблемы, поставленные во время лекций. Такие занятия проводятся в форме дискуссий. Как правило, на одном занятии может быть обсуждено 1-2 вопроса. Кроме того, на таких занятиях студенты представляют доклады, подготовленные во время самостоятельной работы и выполняют практические задания. Основой доклада студента на занятии являются определения (смысл) терминов, связанных с социальной инженерией. Тема доклада выбирается студентом самостоятельно, исходя из его интересов. Доклад представляется в виде презентации (PowerPoint).

7.3. Методические указания по организации самостоятельной работы

Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно прорабатывать и дополнять сведениями из других источников литературы, представленных не только в программе дисциплины, но и в периодических изданиях.

При изучении дисциплины сначала необходимо по каждой теме прочитать рекомендованную литературу и составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме для освоения последующих тем курса. Для расширения знания по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы; проводить поиски в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем.

При ответе на экзамене необходимо: продумать и четко изложить материал; дать определение основных понятий; дать краткое описание явлений; привести примеры. Ответ следует иллюстрировать схемами, рисунками и графиками.

Примерные темы докладов:

- 1) Сети хранения данных
- 2) Многоядерные архитектуры современных вычислительных комплексов
- 3) Облачные хранилища и основные сервисы
- 4) Облачные вычисления
- 5) Облачные технологии и их применение
- 6) Облачные хранилища данных
- 7) Грид и облачные вычисления
- 8) Дата центры
- 9) Облачные технологии второго поколения.
- 10) Серверная виртуализация
- 11) Программно-конфигурируемые сети
- 12) Модель SaaS/AaaS
- 13) Архитектура приложений в облаке
- 14) Технические возможности платформы Windows Azure

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

- 1) Архитектура информационных систем [Текст] : учеб. пособие для вузов / М. В. Рыбальченко ; Юж. федер. ун-т. - Москва : Юрайт, 2018. - 89, [2] с. - (Университеты России). - Библиогр.: с. 89. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://biblio-online.ru/viewer/1E3097D3-2594-4FFA-A033-3A7FF7C31065/arhitektura-informacionnyh-sistem#page/1>
- 2) Царев Р.Ю., Прокопенко А.В., Никифоров А.Ю. Основы распределенной обработки информации: учебное пособие. - Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2015. – 180.

Дополнительная литература

- 1) Колбина О.Н., Сквородников А.П., Слесарева Л.С. Информационные системы: Учебное пособие. СПб.: ООО «Андреевский издательский дом», 2015 г. - 195 стр. Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_c74f4cf8dcb44fe7a9c2081c41936959.pdf
- 2) Зараменских, Е. П. Управление жизненным циклом информационных систем : учебник и практикум для академического бакалавриата / Е. П. Зараменских. — М.

8.3. Перечень программного обеспечения

Ubuntu 17 (GNU GPLv3)

Oracle VM VirtualBox(GNU General Public License)

Scilab 6.0.1 GNU General Public License 2.0

8.4. Перечень информационных справочных систем

- Электронная библиотека ЭБС «Юрайт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biblio-online.ru>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

- Электронно-библиотечная система elibrary
- База данных Web of Science
- База данных Scopus

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, проектором и экраном для демонстрации иллюстрированных презентаций.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ, практических занятий и занятий семинарского типа - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, персональными компьютерами, служащими для выполнения лабораторных работ и поиска информации. .

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещение для самостоятельной работы – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.