


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. В.Н. ТАТИЩЕВА

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОПОП

 И.И. Гордеев

29 июня 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ПМИ

 М.В. Коломина

29 июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ И РАСПРЕДЕЛЁННАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ**

Составитель(-и)	<b>Балакшин П.В., к.т.н., доцент ФПИиКТ, ИТМО Гордеев И.И. к.ф.м.н., доцент каф. ПМИ, АГУ Ивашиненко Е.А., преподаватель, АГУ</b>
Направление подготовки / специальность	<b>09.04.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ</b>
Направленность (профиль) ОПОП	<b>ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА</b>
Квалификация (степень)	<b>магистр</b>
Форма обучения	<b>очная</b>
Год приема	<b>2022</b>
Курс	<b>2</b>

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**1.1. Целями освоения дисциплины «Параллельная и распределенная обработка данных»** формирование у слушателей компетенций в области массово-параллельной обработки и анализа данных, работы с распределенной кластерной системой и потоковой обработки данных.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение теоретических основ параллельных вычислений;
- приобретение практических навыков работы с инструментами разработки систем потоковой обработки данных;
- изучение принципов построения распределённых систем и требований к ним при создании систем ИИ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

**2.1. Учебная дисциплина «Параллельная и распределённая обработка данных» относится к** элективным дисциплинам.

**2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:**

- Обработка и анализ данных;
- Специальные главы математики;
- Прикладной искусственный интеллект.

Знания:

**2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:**

- Производственная практика
- Выпускная квалификационная работа.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки (специальности):

в) профессиональных (ПК):

- способен выбирать, разрабатывать и проводить экспериментальную проверку работоспособности программных компонентов систем искусственного интеллекта по обеспечению требуемых критериев эффективности и качества функционирования (ПК- 10);
- способен создавать и применять методы распределенного искусственного интеллекта для создания интеллектуальных сред и семантического веба (ПК- 3).

**Таблица 1**

**Декомпозиция результатов обучения**

Код компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)		
	Знать (1)	Уметь (2)	Владеть (3)
ПК-3 ПК-3.1. Применяет методы распределенного искусственного интеллекта для создания многоагентных систем.	ПК-3.1.1 структуры, архитектуры, виды обучения, протоколы многоагентных систем, методы многоагентного программирования.	ПК-3.1.2. проектировать и строить многоагентные системы на базе объяснимой модели для всех типов протоколов и типов агентов – когнитивных, реактивных, делиберативных; применять многоагентные технологии	ПК-3.1.3. языками программирования многоагентных систем и онтологическими моделями для представления знаний в многоагентных системах.

		для мобильных сетевых агентов, в том числе в рамках интернета вещей, моделирования сложных распределенных систем (индустриальных, мобильных и др.).	
ПК-10 ПК-10.1. Выбирает и разрабатывает программные компоненты систем искусственного интеллекта	ПК-10.1.1 основные критерии эффективности и качества функционирования системы, основанной на знаниях: точность, релевантность, достоверность, целостность, быстрота решения задач, надежность, защищенность функционирования систем, основанных на знаниях; методы, языки и программные средства разработки программных компонентов систем, основанных на знаниях.	ПК-10.1.2. выбирать, адаптировать, разрабатывать и интегрировать программные компоненты систем, основанных на знаниях, с учетом основных критериев эффективности и качества функционирования	ПК-10.1.3 разработки и отладки компонентов системного программного обеспечения; определения аппаратных и программных «узких мест» существующих решений.
ПК-10 ПК-10.2. Проводит экспериментальную проверку работоспособности систем искусственного интеллекта	ПК-10.2.1. методы постановки задач, проведения и анализа тестовых и экспериментальных испытаний работоспособности систем, основанных на знаниях.	ПК-10.2.2 ставить задачи и проводить тестовые и экспериментальные испытания работоспособности систем, основанных на знаниях, анализировать результаты и вносить изменения.	ПК-10.2.3. реализации сетевого взаимодействия процессов в распределенных системах и в многопроцессорных вычислительных комплексах с общей памятью; практическое использование ключей современных компиляторов для автоматического распараллеливания программ.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, в том числе 30 часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (из них 12 часов – лекции, 18 часов – лабораторные работы), и 114 часов – на самостоятельную работу обучающихся.

Таблица 2

#### Структура и содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела, темы	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа (в часах)			Самостоят. работа		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Л	ПЗ	ЛР	КР	СР	
1	<b>Раздел 1.</b> Массово-параллельная обработка данных для систем искусственного интеллекта	4	1-4	8		12		78	Лабораторные работы №1-3. Тест №1. Мозговой штурм
2	<b>Раздел 2.</b> Распределённые кластерные системы	4	5	2		-		12	Тест №2.
3	<b>Раздел 3.</b> Поточковая обработка данных	4	6	2		6		24	Лабораторная работа №4. Тест №3. Сообщение Лекция-дискуссия
<b>ИТОГО</b>				<b>12</b>		<b>18</b>		<b>114</b>	<b>ЭКЗАМЕН</b>

Условные обозначения:

Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы; КР – курсовая работа; СР – самостоятельная работа по отдельным темам

**Таблица 3**  
**Матрица соотнесения разделов, тем учебной дисциплины и формируемых в них компетенций**

Разделы, темы дисциплины (модуля)	Кол-во часов	Компетенции		
		ПК-3	ПК-10	общее количество компетенций
<b>Раздел 1</b>	98	+	+	2
<b>Раздел 2</b>	14		+	1
<b>Раздел 3</b>	32		+	1
<b>Итого</b>	<b>144</b>			

### Краткое содержание каждого раздела дисциплины.

#### **Раздел 1. Массово-параллельная обработка данных для систем искусственного интеллекта.**

1.1. Целесообразность и практичность использования С-подобных языков. Понятия параллельных вычислений и многопроцессорных вычислительных комплексов с общей памятью. Области применения параллельных вычислений. Классификация параллельных систем (архитектур). Формы параллелизма. История развития SMP-систем. Современные тенденции и законы, влияющие на ускорение и замедление использование принципов параллельных вычислений. Примеры распараллеливания алгоритмов.

1.2. Виды автоматического распараллеливания. Слабые стороны автоматического распараллеливания. Измерение времени выполнения параллельных программ. Универсальные и специализированные инструменты.

1.3. Показатели эффективности параллельных программ. Закон Амдала. Закон Густавова-Барсиса. Ключевая проблема параллельного программирования.

1.4. Виды аппаратного параллелизма. Гиперпоточность. Инструменты операционной системы для обеспечения параллельной работы программ. Процесс, поток, волокно. Многопоточность на различных системах.

1.5. Проблемы параллельного программирования. Измерение параллельной эффективности. Нестабильность результатов вычисления с плавающей запятой. Состояния гонки. Взаимные блокировки. Проблема АВА. Инверсия приоритетов. Балансировка нагрузки. Масштабируемость. False Sharing.

1.6. Технология OpenMP. Сильные и слабые стороны. Востребованность и популярность использования. Схема работы. Канонический цикл. Области видимости. Защита общих переменных. Виды расписаний. Кэш-промахи. Измерение накладных расходов. Вложенный параллелизм.

1.7. Распараллеливание случайных алгоритмов. Проблемы с измерением ускорения. Реэнтерабельные функции. Расчёт доверительного интервала. Подводные камни OpenMP. Основные методы распараллеливания. Распараллеливание (декомпозиция) по данным. Распараллеливание по заданиям. Распараллеливание по информационным потокам.

1.8. Парадигмы параллельного программирования. Явное использование блокировок. Мёртвые блокировки (dead-locks). Неблокирующие алгоритмы. Технология программной транзакционной памяти.

#### **Раздел 2. Распределённые кластерные системы.**

2.1 Понятие распределённых вычислений и распределённой системы. Цели построения распределённых систем и требования к ним при создании систем ИИ. Понятие и назначение программного обеспечения промежуточного уровня.

2.2 Взаимодействие в распределённых системах.

#### **Раздел 3. Поточковая обработка данных.**

3.1. Понятие потоковой обработки данных, использование в системах ИИ. Системы реального времени. Задачи и методы анализа потоковых данных.

3.2. Инструменты (фреймворки) разработки систем потоковой обработки данных.

## **5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**5.1. Указания по организации и проведению лекционных, практических (семинарских) и лабораторных занятий с перечнем учебно-методического обеспечения**

### **Лекционные занятия**

Основной формой реализации теоретического обучения является лекция, которая представляет собой систематическое, последовательное изложение преподавателем-лектором учебного материала теоретического характера. Цель лекции – организация целенаправленной познавательной деятельности студентов по овладению программным материалом учебной дисциплины.

Порядок подготовки лекционного занятия включает в себя выполнение следующих этапов:

- изучение требований программы дисциплины;
- определение целей и задач лекции;
- разработка плана проведения лекции;
- подбор литературы (ознакомление с методической литературой, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия);
- отбор необходимого и достаточного по содержанию учебного материала;
- определение методов, приемов и средств поддержания интереса, внимания, стимулирования творческого мышления студентов;
- написание конспекта лекции.

Лекция должна включать следующие разделы:

- формулировку темы лекции;
- указание основных изучаемых разделов или вопросов и предполагаемых затрат времени на их изложение;
- изложение вводной части;
- изложение основной части лекции;
- краткие выводы по каждому из вопросов;
- заключение;
- рекомендации литературных источников по излагаемым вопросам.

### **Лабораторные занятия**

Лабораторное занятие – целенаправленная форма организации педагогического процесса, направленная на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами работы, в процессе которых вырабатываются умения и навыки выполнения тех или иных учебных действий в данной сфере науки. Они развивают научное мышление и речь, позволяют проверить знания студентов и выступают как средства оперативной обратной связи.

Правильно организованные лабораторные занятия ориентированы на решение следующих задач:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы теоретических знаний по дисциплине (предмету);
- формирование практических умений и навыков, необходимых в будущей профессиональной деятельности, реализация единства интеллектуальной и практической деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива.

Состав заданий для лабораторного занятия должен быть спланирован с расчетом, чтобы за отведенное время они могли быть качественно выполнены большинством учащихся.

Лабораторные занятия должны так быть организованы, чтобы студенты ощущали нарастающее сложность выполнения заданий, испытывали бы положительные эмоции от переживания собственного успеха в учении, поисками правильных и точных решений.

### Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, которую студент совершает в установленное время и в установленном объеме индивидуально или в группе, без непосредственной помощи преподавателя (но при его контроле), руководствуясь сформированными ранее представлениями о порядке и правильности выполнения действий.

В учебном процессе образовательного учреждения выделяются два вида самостоятельной работы:

- аудиторная – выполняется на учебных занятиях, под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию (выполнение самостоятельных работ; выполнение контрольных и практических работ; решение задач);
- внеаудиторная – выполняется по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия (подготовка к аудиторным занятиям; изучение учебного материала, вынесенного на самостоятельную проработку; выполнение домашних заданий разнообразного характера; выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы; подготовка к контрольной работе). Внеаудиторные самостоятельные работы представляют собой логическое продолжение аудиторных занятий, проводятся по заданию преподавателя, который инструктирует студентов и устанавливает сроки выполнения задания.

### 5.2. Указания для обучающихся по освоению дисциплины

#### Лекция

- Лекция – основной вид обучения в вузе.
- В лекции излагаются основные положения теории, ее понятия и законы, приводятся факты, показывающие связь теории с практикой.
- Накануне лекции необходимо повторить содержание предыдущей лекции (а также теорию по изучаемой теме в школьных учебниках геометрии, если эта тема была представлена в них), а затем посмотреть тему очередной лекции по программе (по плану лекций).
- Полезно вести записи (конспекты) лекций: для непонятных вопросов оставлять место при работе над темой лекции с учебными пособиями.
- Записи лекций следует вести в отдельной тетради, оставляя место для дополнений во время самостоятельной работы.
- При конспектировании лекций выделяйте главы и разделы, параграфы, подчеркивайте основное.

#### Лабораторное занятие

- Лабораторное занятие – наиболее активный вид учебных занятий в вузе. Он предполагает самостоятельную работу над лекциями и учебными пособиями.
- К каждому лабораторному занятию нужно готовиться. Подготовку следует начинать с повторения теории (по записям лекций или по учебному пособию). После этого нужно решать задачи из предложенного домашнего задания.

#### Организация самостоятельной работы

Самостоятельность в учебной работе способствует развитию заинтересованности студента в изучаемом материале, вырабатывает у него умение и потребность самостоятельно получать знания, что весьма важно для специалиста с высшим образованием. Самостоятельная работа студентов представлена в следующих формах:

- работа с учебной литературой и конспектом лекций с целью подготовки к лабораторным занятиям, составление конспектов тем, выносимых на самостоятельную проработку;
- систематическое выполнение домашних работ.

Таблица 4

Содержание самостоятельной работы обучающихся

Номер раздела (темы)	Темы/вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов	Формы работы
Раздел 1	Виды аппаратного параллелизма. Гиперпоточность. Инструменты операционной системы для обеспечения параллельной работы программ. Процесс, поток, волок-	78	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам, лекционным занятиям, тестированию.

	но. Многопоточность на различных системах.		
Раздел 2	Понятие и назначение программного обеспечения промежуточного уровня.	12	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам, лекционным занятиям, тестированию.
Раздел 3	Тема 1. Введение в организацию lock-free алгоритмов и структур данных. Тема 2. Сравнение примитивов синхронизации в многопоточных приложениях.	24	Изучение теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам, лекционным занятиям, тестированию. Подготовка сообщения

### 5.3. Виды и формы письменных работ, предусмотренных при освоении дисциплины, выполняемые обучающимися самостоятельно

Дисциплиной «Параллельная и распределенная обработка данных» предусмотрены такие формы самостоятельной работы, как подготовка сообщения.

#### Требования к оформлению сообщения.

Объем информационного сообщения 5–10 стр. Подготовка информационного сообщения подразумевает самостоятельное изучение студентом нескольких литературных источников (монографий, научных статей и т.д.) по определённой теме, не рассматриваемой подробно на лекции, систематизацию материала и краткое его изложение. Цель подготовки информационного сообщения – привитие студенту навыков краткого и лаконичного представления собранных материалов и фактов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к научным отчетам, обзорам и статьям.

Темами информационного сообщения являются темы, выносимые на самостоятельное изучения (темы представлены в Таблице 4).

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации различных видов учебной работы по дисциплине «Параллельная и распределенная обработка данных» могут использоваться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

### 6.1. Образовательные технологии

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться с применением информационно-телекоммуникационных сетей при опосредованном (на расстоянии) интерактивном взаимодействии обучающихся и преподавателя в режимах on-line или off-line в формах.

№	Формы	Описание
1	Лекция-дискуссия	Лекция-дискуссия специально не назначается, а возникает достаточно спонтанно на большинстве лекций. Студенты устно высказывают своё мнение по ходу лекции, дискутируют как с лектором, так и между собой. Также дискуссии иногда возникают при защите лабораторных работ при обсуждении выбранных особенностей реализации программного кода.
2	Мозговой штурм	Мозговой штурм применяется на первой лекции. Выслушав часть материала, студенты устно получают задание предложить свои индивидуальные варианты решения основных проблем в многопроцессорных вычислительных комплексах.
3	Исследовательские методы в обучении	Дает возможность учащимся самостоятельно пополнять свои знания, глубоко вникать в изучаемую проблему и предполагать пути ее решения, что важно при формировании мировоззрения.
4	Лабораторные работы	Формирование навыков использования современных компьютерных технологий по отладке программ.
5	Самостоятельная работа	Работа с ресурсами Internet, подготовка к лабораторным работам, лекционным занятиям, подготовка информационного сообщения

### 6.2. Информационные технологии

При реализации различных видов учебной и внеучебной работы используются следующие информационные технологии:

- система управления обучением LMS Moodle;
- использование возможностей Интернета в учебном процессе (рассылка заданий, предоставление выполненных работ, ответы на вопросы, ознакомление обучающихся с оценками и т.д.);

- использование электронных учебников и различных сайтов (например, электронные библиотеки, журналы и т.д.) как источник информации;
- использование возможностей электронной почты;
- использование средств представления учебной информации (электронных учебных пособий, применение новых технологий для проведения занятий с использованием презентаций и т.д.);
- использование интерактивных средств взаимодействия участников образовательного процесса (технологии дистанционного или открытого обучения в глобальной сети);
- использование интегрированных образовательных сред, где главной составляющей являются не только применяемые технологии, но и содержательная часть, т.е. информационные ресурсы (доступ к мировым информационным ресурсам, на базе которых строится учебный процесс).

### 6.3. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Перечень программного обеспечения:

Наименование программного обеспечения	Назначение
Adobe Reader	Программа для просмотра электронных документов
Платформа дистанционного обучения LMS Moodle	Виртуальная обучающая среда
Microsoft Office 2013, Microsoft Office Project 2013, Microsoft Office Visio 2013	Пакет офисных программ
7-zip	Архиватор
Microsoft Windows 7 Professional	Операционная система
Google Chrome	Браузер
CodeBlocks	Кроссплатформенная среда разработки
Notepad++	Текстовый редактор
R	Программная среда вычислений
WinDjView	Программа для просмотра файлов в формате DJV и DjVu
Microsoft Visual Studio	Среда разработки

Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» собственной генерации на платформе ЭБС «Электронный Читальный зал – БиблиоТех». <https://biblio.asu.edu.ru>
2. Электронно-библиотечная система (ЭБС) ООО «Политехресурс» «Консультант студента». [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)
3. Электронная библиотечная система издательства ЮРАЙТ, раздел «Легендарные книги». [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru), <https://urait.ru/>
4. Электронная библиотечная система IPRbooks. [www.iprbookshop.ru](http://www.iprbookshop.ru)
5. Учебные издания Университета ИТМО <http://books.ifmo.ru/>

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Параллельная и распределенная обработка данных» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.



**Таблица 5**  
**Соответствие разделов, тем дисциплины, результатов обучения по дисциплине и оценочных средств**

№ п/п	Контролируемые разделы, темы дисциплины	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	Раздел 1	ПК-3, ПК-10	Лабораторные работы Тест №1. Мозговой штурм
2	Раздел 2	ПК-10	Тест №2
3	Раздел 3	ПК-10	Лабораторные работы. Тест №3 Сообщение. Лекция-дискуссия

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания

**Таблица 6**  
**Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует глубокое знание теоретического материала, умение обоснованно излагать свои мысли по обсуждаемым вопросам, способность полно, правильно и аргументированно отвечать на вопросы, приводить примеры
4 «хорошо»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует неполное, фрагментарное знание теоретического материала, требующее наводящих вопросов преподавателя, допускает существенные ошибки в его изложении, затрудняется в приведении примеров и формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

**Таблица 7**  
**Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений**

Шкала оценивания	Критерии оценивания
5 «отлично»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы
4 «хорошо»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
3 «удовлетворительно»	демонстрирует отдельные, несистематизированные навыки, не способен применить знание теоретического материала при выполнении заданий, испытывает затруднения и допускает ошибки при выполнении заданий, выполняет задание при подсказке преподавателя, затрудняется в формулировке выводов
2 «неудовлетворительно»	не способен правильно выполнить задание

## 7.3. Контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

### Раздел 1. «Массово-параллельная обработка данных для систем искусственного интеллекта»

- Лабораторная работа №1 «Анализ данных при решении задач линейной алгебры. Автоматическое распараллеливание».
- Лабораторная работа №2 «Исследование эффективности параллельных библиотек для C-программ».

3. Лабораторная работа №3 «Распараллеливание циклов с помощью технологии OpenMP».

### Пример задания лабораторной работы

Лабораторная работа № 2 «Исследование эффективности параллельных библиотек для C-программ»

#### Задание лабораторной работы

1. В исходном коде программы, полученной в результате выполнения лабораторной работы №1, нужно на этапах Map и Merge все циклы с вызовами математических функций заменить их векторными аналогами из библиотеки «AMD Framewave». Примечание: выбор библиотеки Framewave не является обязательным, можно использовать любую другую параллельную библиотеку, если в ней нужные функции распараллелены.
2. Добавить в начало программы вызов Framewave-функции SetNumThreads(M) для установки количества M создаваемых параллельной библиотекой нитей, задействуемых при выполнении распараллеленных Framewave-функций. Нужное число M следует устанавливать из параметра командной строки (argv) для удобства автоматизации экспериментов.
3. Скомпилировать программу, не применяя опции автоматического распараллеливания, использованные в лабораторной работе №1. Провести эксперименты с полученной программой для тех же значений N1 и N2, которые использовались в лабораторной работе №1, при  $M = 1, 2, \dots, K$ , где K – количество процессоров (ядер) на экспериментальном стенде.
4. Сравнить полученные результаты с результатами лабораторной работы №1: на графиках показать, как изменилось время выполнения программы, параллельное ускорение и параллельная эффективность.
5. Написать отчёт о проделанной работе.
6. Подготовиться к устным вопросам на защите.

#### Структура отчёта по лабораторной работе

1. Название лабораторной работы
2. Цель работы
3. Исходные данные вычислительной машины (производитель, название, число ядер и т. д.)
4. Текст программы (листинг кода)
5. Используемые скрипты для многократной записи программы
6. Результаты измерений
7. Дополнительные анализы и расчёты (при необходимости)
8. Выводы по лабораторной работе

#### Тест

**Комплект заданий для теста №1 «Использование параллельных вычислений при обработке данных»**

#### Вариант 1

1. (1.5) В чём разница между двумя видами параллельных вычислений: SMP и MPP?
2. (1.5) Что способствует развитию параллельных вычислений?
3. (1.5) В чём заключается полуавтоматический вид распараллеливания?
4. (1.5) Имеется один процессор, поддерживающий технологию гиперпоточности. Укажите какой/какие элементы в физическом пакете по-прежнему будут в единственном числе, как и в процессоре без гиперпоточности:
  - Исполнительный процессор
  - Локальный контроллер
  - Шинный интерфейс
5. (3) Приведите пример каскадного стиля для последовательного цикла `omp for`. Сколько времени данный цикл будет выполняться по сравнению со вложенным стилем?

**Вариант 2**

1. (3) Что замедляет развитие параллельных вычислений?
2. (1.5) В чём заключается основное отличие закона Амдала от закона Густавсона-Барсиса?
3. (1.5) Имеется один процессор, поддерживающий технологию гиперпоточности. Укажите какой/какие элементы в физическом пакете по прежнему будут в единственном числе, как и в процессоре без гиперпоточности:
  - Исполнительный процессор
  - Локальный контроллер
  - Шинный интерфейс
4. (3) Обычно параллельные вычисления реализуются программистом с помощью создания нескольких независимых процессов, тредов либо волокон (process, thread, fiber). В чём разница между этими тремя подходами к распараллеливанию? Какие преимущества/недостатки имеет каждый из них?

**Раздел 2. «Распределённые кластерные системы»**

1. Тест №2. Тест по темам раздела 2 составляется аналогично тесту для раздела 1.

**Раздел 3. Поточковая обработка данных**

1. Лабораторная работа №4 «Анализ и модификация кода».
2. Тест №3. Тест по темам раздела 3 составляется аналогично тесту для раздела 1.
3. Сообщение.

**Примерная тематика сообщений**

Тема 1 Сравнение примитивов синхронизации в многопоточных приложениях.  
Тема 2 Введение в организацию lock-free алгоритмов и структур данных.

**Экзамен. Компьютерное тестирование****Примеры вопросов**

1. Закон Мура до недавнего времени имел примерно следующую формулировку: «Производительность последовательных процессоров удваивается каждые полтора года». В последнее время в свете бурного развития программных и аппаратных технологий параллельных вычислений принято считать, что изначальная формулировка закона Мура изменилась на следующую: «... удваивается раз в полтора года». Вставьте пропущенное слово.
  - Количество ядер в многоядерных процессорах.
  - Объём кэша 1-го уровня.
  - Объём оперативной памяти.
  - Производительность ядер в многоядерных процессорах.
  - + Тактовая частота процессоров.
  - Производительность оперативной памяти.
  - Тактовая частота, на которой работает оперативная память.
2. Пусть  $T_1=512$  с - время работы программы, запущенной на одном ядре многоядерного процессора, а  $T_2=128$  - время работы той же программы, если её запустить на всех 8 ядрах того же процессора. Чему равна параллельная производительность (ускорение)?  
Ответ: 4 (0.5).
3. Пусть в многоядерном процессоре 9 ядер и на нём выполняется программа, все инструкции которой выполняются за одинаковое процессорное время. Каково максимальное параллельное ускорение этого процессора в соответствии с законом Амдала, если только 50% инструкций программы может выполняться всеми ядрами идеально параллельно.  
Ответ: 1.8
4. В чём заключается стабильность алгоритма сортировки:
  - Алгоритм имеет одинаковую вычислительную сложность при любом размере входных данных.

- Алгоритм имеет одинаковую вычислительную сложность при любом порядке входных данных.
  - + Алгоритм не переставляет одинаковые значения из входных данных после сравнения.
  - Алгоритм работает рекурсивно при любом порядке входных данных.
  - Алгоритм использует константный объём памяти при работе.
5. Как формулируется закон Гроша (Grosch)?
- Производительность последовательных процессоров удваивается каждые полтора года.
  - + Стоимость процессоров пропорциональна квадрату их производительности.
  - Производительность системы при наращивании процессоров растёт пропорционально двоичному логарифму количества процессоров.
  - Тактовая частота процессоров удваивается каждые полтора года.
  - Стоимость многоядерных процессоров пропорциональна количеству ядер.
  - Стоимость оперативной памяти пропорциональна квадрату ее объема.
  - Производительность многоядерной системы пропорциональна объёму оперативной памяти.
  - Стоимость процессора увеличивается как двоичный логарифм его тактовой частоты.
6. Какие факты из перечисленных замедляют массовый переход на использование параллельного программирования?
- + Существуют проблемы с обеспечением работы одной и той же параллельной программы на разных аппаратных платформах.
  - + Существенная часть существующего программного обеспечения написана для последовательных ЭВМ.
  - Ведущие производители процессоров массово перешли на использование парадигмы многоядерного построения процессоров.
  - Наблюдается устойчивое снижение стоимости многопроцессорных вычислительных систем
  - Рост производительности последовательных компьютеров ограничен (начинают проявляться физические ограничения технологий создания микросхем).
  - Количество ядер в многоядерных процессорах линейно увеличивается со временем.
  - В соответствии с законом Амдала рост производительности может превысить ограничение, постулируемое гипотезой Минского.
7. Дан массив размером 20 на 20 элементов. Какова будет средняя вычислительная сложность (по времени) для обычной пузырьковой сортировки и при распараллеливании на этой сортировке чётные и нечётные итерации.  
 Ответ:  $n^2$
8. Дан массив размером 20 на 20 элементов. Какова будет средняя вычислительная сложность (по времени) для обычной быстрой сортировки и при распараллеливании этой сортировки на чётные и нечётные итерации.  
 Ответ:  $n * \log n$

### *Экзамен. Устная беседа*

#### **Примеры тем**

1. Готовность алгоритмов к распараллеливанию на примерах:
2. В чём состоит гипотеза Минского?
3. Разница в расписаниях static, dynamic, guided.
4. Отличие в подходах multi-core и multi-threading.
5. Менеджеры для управления памятью параллельных программ.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

##### **Мозговой штурм.**

Студенты, успешно и активно участвующие в мозговом штурме, получают дополнительные баллы.

##### **Сообщение.**

Студент получает максимальное количество баллов за сообщение, если:

- выбранная тема полностью раскрыта;
- качество изложения высокое;
- присутствуют наглядные материалы.

##### **Лекция-дискуссия.**

Студенты, успешно и активно участвующие в дискуссии, получают дополнительные баллы.

##### **Тест.**

Каждая задача имеет свой вес исходя из общего числа 10 баллов за тест. Набранная сумма баллов напрямую заносится в раздел «Тест».

Основаниями для снижения количества баллов за одну задачу на 0,5 балла из исходного веса являются:

- небрежное выполнение,
- низкое качество графического материала.

##### **Лабораторная работа.**

«100%» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«75%» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«50%» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«0%» (не зачтено): обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; обучающийся ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

##### **Экзамен. Компьютерное тестирование.**

Процент правильных ответов напрямую переводится в 10-балльную систему.

##### **Экзамен. Устная беседа.**

Итоговая оценка успеваемости студентов по дисциплине производится согласно Положению о балльно-рейтинговой системе оценки учебных достижений студентов, утверждено приказом ректора от 13.01.2014 г. № 08-01-01/08.

Преподаватель, реализующий дисциплину, в зависимости от уровня подготовленности обучающихся может использовать иные формы, методы контроля и оценочные средства, исходя из конкретной ситуации.

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

### **а) Основная литература**

1. Соснин В.В. Введение в параллельные вычисления: учебное пособие / В. В. Соснин, П. В. Балакшин; М-во образования и науки РФ, Университет ИТМО. – СПб. Университет ИТМО, 2015. – 51, с.: ил. Режим доступа:

[https://books.ifmo.ru/book/1748/vvedenie\\_v\\_parallelnye\\_vychisleniya.htm](https://books.ifmo.ru/book/1748/vvedenie_v_parallelnye_vychisleniya.htm)

2. Введение в распределенные вычисления: учебное пособие / М. С. Косяков; М-во образования и науки РФ, СПбНИУ ИТМО. – СПб.: НИУ ИТМО, 2014. – 153 с.: ил. Режим доступа: [https://books.ifmo.ru/book/1403/vvedenie\\_v\\_raspredelemnnye\\_vychisleniya.htm](https://books.ifmo.ru/book/1403/vvedenie_v_raspredelemnnye_vychisleniya.htm)

3. Боресков А. В. Основы работы с технологией CUDA / Боресков А. В, Харламов А. А. - Москва: ДМК Пресс, 2010. - 232 с. - ISBN 978-5-94074-578-5. - Текст: электронный // ЭБС «Кон-

сультант студента»: [сайт]. - URL:

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940745785.html> (ЭБС «Консультант студента»)

4. Сандерс Дж. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Сандерс Дж., Кэндрот Э. - Москва: ДМК Пресс, 2011. - 232 с. - ISBN 978-5-94074-504-4. - Текст: электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940745044.html> (ЭБС «Консультант студента»)

5. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие / Богачёв К. Ю. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 345 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10». - ISBN 978-5-00101-758-5. - Текст электронный // ЭБС «Консультант студента»: [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017585.html> (ЭБС «Консультант студента»)

#### **б) Дополнительная литература**

1. Малявко А.А., Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA: учеб. пособие / Малявко А.А. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. - 116 с. - ISBN 978-5-7782-2614-2 URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778226142.html> (ЭБС «Консультант студента»)

2. Основы многопоточного и параллельного программирования [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Карпова Е.Д. - Красноярск: СФУ, 2016. URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785763833850.html> (ЭБС «Консультант студента»)

3. Технология программирования: метод. указания к лабораторному практикуму. Ч. 2 [Электронный ресурс] / Т.И. Вишневецкая, Т.Н. Романова. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. URL: [http://www.studentlibrary.ru/book/bauman\\_0553.html](http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0553.html) (ЭБС «Консультант студента»)

**в) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимый для освоения дисциплины**

1. Электронный каталог Научной библиотеки АГУ на базе MARK SQL НПО «Информ-систем»: <https://library.asu.edu.ru>

2. Корпоративный проект Ассоциации региональных библиотечных консорциумов (АРБИКОН) «Межрегиональная аналитическая роспись статей» (МАРС): <http://mars.arbicon.ru>

3. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru>

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

Для проведения лекционных занятий используется аудитория, оборудованная современной презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук).

Для выполнения лабораторных работ используются компьютерные классы с установленным в них необходимым программным обеспечением.

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).