

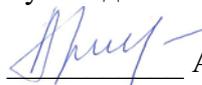


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДФУ)

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ШКОЛА)

«СОГЛАСОВАНО»

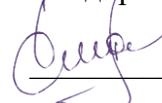
Руководитель ОП

 Артемьева И.Л.

« 26 » января 2022 г.

«Утверждаю»

И.о. директора департамента

 Смагин С.В.

« 26 » января 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельная обработка данных

Направление подготовки – 09.04.04 Программная инженерия

(Разработка программно-информационных систем)

Форма подготовки очная

курс 2 семестр 3
лекции 18 час.
практические занятия 0 час.
лабораторные работы 18 час.
в том числе с использованием МАО лек. 0 / пр. 0 / лаб. 18 час.
всего часов аудиторной нагрузки – 36 час.
в том числе с использованием МАО – 18 час.
самостоятельная работа 72 час
в том числе на подготовку к экзамену 0 час.
контрольные работы (количество) не предусмотрены
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрен
зачет 3 семестр
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 09.04.04 **Программная инженерия**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 № 932 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента программной инженерии и искусственного интеллекта, протокол № 1.1 от «24» января 2022 г.

И.о. директора департамента программной инженерии и искусственного интеллекта к.т.н. Смагин С.В.

Составитель (ли): доцент департамента ПИИИИ к.т.н. Чусов А.А.

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)

1. Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: раскрыть смысл ключевых понятий параллельной обработки данных, сформировать представление о современных параллельных вычислительных архитектурах, моделях, методах и технологиях их программирования, привить навыки работы с параллельными вычислительными платформами.

Задачи:

1. Приобретение студентами базового набора знаний в областях параллельной алгоритмизации и параллельных вычислений.
2. Приобретение первичных навыков работы с современными параллельными вычислительными системами и инструментальными средствами разработки параллельного программного обеспечения.

Для успешного изучения дисциплины «Параллельная обработка данных» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте (ОПК-1);

- способен самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОПК-6);

- способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия (УК-4);

- знание методов организации и управления информационными процессами (ПК-1);

- способен использовать существующие подходы к верификации моделей программного обеспечения (ПК-7).

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
---	--	--

Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК 2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта
		УК 2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений
		УК 2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение).

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
УК-2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта	Знает критерии выбора метода параллельной обработки данных для произвольной предметной области при заданных требованиях к эффективности.
	Умеет выполнять прогнозную оценку эффекта от применения тех или иных методов параллельной обработки данных на функциональную эффективность.
	Владеет методами проектирования параллельных алгоритмов и параллельных программ параллельной обработки данных.
УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	Знает ограничения и определения эффективности методов параллельной обработки данных при заданных требованиях к оперативности и ресурсоемкости, а также к трудоемкости реализации параллельной обработки данных.
	Умеет составить алгоритмическую модель задачи параллельной обработки данных, выбрать адекватную параллельную форму алгоритма параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, выполнить их анализ на предмет корректности, оперативности, ресурсоемкости, отказоустойчивости.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Методами оценки эффективности алгоритмов и программ параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, методами анализа эффективности алгоритмов и программ для параллельной обработки данных.
УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	Знает методы обоснования проектных решений при реализации обработки данных, критерии использования методов параллельных вычислений и параллельной обработки данных.
	Умеет показать целесообразность и адекватность выбранного метода обработки данных для повышения общесистемной эффективности.
	Владеет навыками алгоритмической реализации задач обработки данных, синтеза их параллельных форм, выбора адекватных параллельных аппаратных и программных для их реализации.

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	ОПК-7 Способен применять при решении профессиональных задач методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях	ОПК-7.1 демонстрирует знание методов и средств получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях для решения задач в области профессиональной деятельности
		ОПК-7.2 использует методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях
		ОПК-7.3 применяет методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях при решении профессиональных задач

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ОПК-7.1 демонстрирует знание методов и средств получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях для решения задач в области профессиональной деятельности	Знает основные методы формального описания алгоритмов и реализаций задач параллельной обработки данных.
	Умеет обосновать задачу параллельной обработки данных, а также методов ее реализации в контексте требований к функциональной эффективности с использованием математического формализма и формальноязыковых средств.
	Владеет навыками адекватного описания задач и методов параллельной обработки данных в привязке к выбранной системе показателей и критериев эффективности.
ОПК-7.2 использует методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях	Знает основные методы проектирования алгоритмических и программно-аппаратных систем и средств параллельной обработки данных.
	Умеет выбрать средство алгоритмической программно-аппаратной реализации параллельной обработки данных в соответствии с основными требованиями к функциональной эффективности, а также средства обоснования выбранных методов параллельной обработки данных для решения частных задач.
	Владеет основными методами параллельной обработки данных, систематизации информации о математических и технических средствах параллельной обработки данных, категоризации профессиональных задач и подзадач на основе критериев эффективности и применимости методов параллельной обработки данных.
ОПК-7.3 применяет методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе, в глобальных компьютерных сетях при решении профессиональных задач	Знает основные математические и технические методы реализации вычислительных задач параллельной обработки данных.
	Умеет выбрать метод и программно-аппаратную реализацию параллельной обработки данных, адекватную основным требованиям к функциональной эффективности и обосновать применимость методов параллельной обработки данных для решения частных задач.
	Владеет основными средствами параллельной обработки, систематизации информации о математических и технических средствах параллельной обработки данных, а также методами соответствующей категоризации профессиональных задач и подзадач.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-3 Способен использовать методы программной реализации распределенных информационных систем	ПК-3.1 демонстрирует знание методов программной реализации распределенных информационных систем
		ПК-3.2 использует методы программной реализации распределенных информационных систем
		ПК-3.3 применяет методы создания распределенных информационных систем, требуемых в профессиональной деятельности
Производственно-технологический	ПК-4. Способен создавать программное обеспечение для анализа и обработки информации.	ПК-4.1 демонстрирует знание методов создания программного обеспечения для анализа и обработки информации
		ПК-4.2 использует методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации
		ПК-4.3 применяет методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации, требуемых в профессиональной деятельности
Проектный	ПК-9 Способен выполнить программную реализацию систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем.	ПК-9.1 демонстрирует знание методов программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем
		ПК-9.2 использует методы программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем
		ПК-9.3 применяет методы организации параллельной обработки данных, требуемых в профессиональной деятельности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1 демонстрирует знание методов программной реализации распределенных информационных систем	Знает методы обоснования инфокоммуникационных протоколов и их программной и аппаратной реализации для параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.
	Умеет обосновать выбранный метод реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах на основе требований к

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	<p>эффективности.</p> <p>Владеет навыками формального обоснования алгоритмов, выбора средств реализации, выбранного метода реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.</p>
<p>ПК-3.2 использует методы программной реализации распределенных информационных систем</p>	<p>Знает основные языки и инфокоммуникационные протоколы для реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.</p> <p>Умеет осуществлять реализацию параллельной обработки данных в распределенных информационных системах с помощью языков программирования в соответствии с требованиями протокола, а также выбирать протокол взаимодействия при реализации задач параллельной обработки данных.</p> <p>Владеет навыками использования методов параллельной обработки данных в распределенных информационных системах соответственно требованиям к функциональной эффективности и отказоустойчивости.</p>
<p>ПК-3.3 применяет методы создания распределенных информационных систем, требуемых в профессиональной деятельности</p>	<p>Знает особенности применения основных языков и инфокоммуникационных протоколов для реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.</p> <p>Умеет реализовывать параллельную обработку данных в распределенных информационных системах с помощью языков программирования и протоколов взаимодействия при реализации задач параллельной обработки данных.</p> <p>Владеет навыками применения методов параллельной обработки данных в распределенных информационных системах соответственно требованиям к функциональной эффективности и отказоустойчивости.</p>
<p>ПК-4.1 демонстрирует знание методов создания программного обеспечения для анализа и обработки информации</p>	<p>Знает методы обоснования задач параллельной обработки данных и ее применения для анализа и обработки информации.</p> <p>Умеет выполнять формальное обоснование задач параллельной обработки данных для анализа и обработки информации.</p> <p>Владеет навыками описания и обоснования задач и реализаций параллельной обработки данных.</p>
<p>ПК-4.2 использует методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации</p>	<p>Знает методы программной реализации параллельной обработки и анализа данных.</p> <p>Умеет реализовывать программы для параллельной обработки данных и анализа переносимой информации.</p> <p>Владеет методами программирования технических средств параллельной обработки данных на основе требований к функциональной эффективности.</p>
<p>ПК-4.3 применяет методы</p>	<p>Знает методы разработки программ для параллельной</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
создания программного обеспечения для анализа и обработки информации, требуемых в профессиональной деятельности	обработки и анализа данных.
	Умеет разрабатывать программы для параллельной обработки данных и их анализа.
	Владеет навыками программной реализации технических средств параллельной обработки данных на основе требований к эффективности.
ПК-9.1 демонстрирует знание методов программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает особенности описания алгоритмов и программ, используемых для параллельной обработки данных с помощью вычислительных машин и систем, реализующих различные модели параллелизма, включая высокопроизводительные вычислительные системы.
	Умеет описывать параллельные алгоритмы и программы для параллельной обработки данных, их применимость и реализуемость для различных моделей параллелизма и соответствующих параллельных вычислительных машин и систем, реализующих параллельные и высокопроизводительные вычисления.
	Владеет терминами и навыками лингвистического описания и формального обоснования методов параллельной обработки данных с применением для этого высокопроизводительных вычислителей.
ПК-9.2 использует методы программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает языковые средства и алгоритмические примитивы, используемые для параллельной обработки данных, включая высокопроизводительные вычислительные системы.
	Умеет выполнять программную реализацию алгоритмов обработки данных, используя различные модели параллелизма, языковых средств для его программной реализации, моделей параллельных вычислений в целом.
	Владеет формальными лингвистическими средствами для программной реализации параллельной и высокопроизводительной обработки данных.
ПК-9.3 применяет методы организации параллельной обработки данных, требуемых в профессиональной деятельности	Знает принципы организации параллельных вычислений применительно к задачам обработки данных, а также фундаментальные логические примитивы, используемые для реализации взаимодействия параллельных вычислителей и единиц выполнения при такой организации.
	Умеет выполнять организацию параллельных вычислений для высокопроизводительной обработки данных с помощью параллельных вычислительных машин и их систем.
	Владеет методами применения принципов организации параллельных вычислений при реализации параллелизуемых алгоритмов обработки данных за счет использования параллельных вычислительных машин и их систем.

2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов).

(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	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Параллельная обработка данных	3	18	18	0	0	72	0	Зачет
	Итого:		18	18	0	0	72	0	

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Трудоемкость теоретической части курса 18 часов

Тема 1. Обоснование и теоретические основы параллельных вычислений, алгоритмов и программ (2 часа)

1. Актуальность параллельных вычислений. Закон Мура и гипотеза Минского.

2. Теоретическое обоснование параллельных вычислений. Параллельные вычисления и энергоэффективность. Параллелизуемость и масштабируемость параллельных алгоритмов. Закон Амдала. Параллельные формы алгоритмов.

Тема 2. Архитектуры и интерфейсы платформ для параллельных вычислений (6 часов)

1. Таксономия Флинна.
2. Параллельные системы с общей памятью. Симметричные мультипроцессоры. Кэш-память и когерентность кэша.
3. Суперскалярные вычисления. Векторные вычисления. Структура векторных регистров. Ввод-вывод в параллельных вычислениях. Векторизация программ. Примеры сложения и LU-разложения матриц с помощью SSE4.2, AVX-2 и AVX-512 с помощью встроенных функций на C. Причины снижения производительности на реальных программах.
4. Архитектуры с параллелизмом на уровне машинных команд, VLIW, суперскалярность, EPIC. Мультиточковость и hyperthreading.
5. Системы с разделенной памятью. Архитектуры вычислительных систем с разделенной памятью. Особенности дизайна параллельных вычислений с использованием мультикомпьютеров.
6. Архитектуры SMP, NUMA, ccNUMA.
7. Неоднородные распределенные вычислительные системы и среды, понятие метакомпьютинга. Отличительные свойства вычислительных сред. Понятие GRID, базовые компоненты и сервисы, существующие проекты GRID-сегментов. Сети и стеки протоколов InfiniBand и FibreChannel для реализации высокопроизводительной распределенной обработки данных.
8. Компьютеры с реконфигурируемой архитектурой, FPGA, концепция data-flow компьютеров.
9. Использование специализированных процессоров для решения задач, примеры реализации для цифровой обработки одномерных сигналов. Графические процессоры для вычислений общего назначения. Реализация GPGPU Nvidia. Архитектура и язык Nvidia CUDA.

Тема 3. Обзор языковых средств реализации параллельной обработки данных (2 часа)

1. Языковое расширение и библиотека OpenMP для языков C и C++.
2. Средства реализации совместных и параллельных вычислений Windows и Posix.
3. Интерфейс реализации совместных и параллельных вычислений с помощью стандартной библиотеки C11-C17.
4. Потоки C++14, параллельные алгоритмы C++17.
5. Примеры реализации параллельных алгоритмов поиска минимума и аккумулярования элементов вектора.
6. Интерфейс Message Passing Interface и его реализация OpenMPI.

Тема 4. Синтез и анализ параллельных алгоритмов (2 часа).

1. Оптимальный по поведению последовательный алгоритм. Рекуррентные соотношения. Основная теорема асимптотического анализа. Ускорение при распараллеливании. Стоимость параллельного алгоритма. Оптимальность алгоритма по стоимости. Ограниченность асимптотического анализа.

2. Строго параллельные формы графа, каноническая параллельная форма. Соотнесение строго параллельных форм с выполнением алгоритма на конкретных архитектурных решениях. Ярусы параллельной формы, их ширина и высота. Концепция неограниченного параллелизма. Определение максимально возможного ускорения по ярусно-параллельной форме алгоритма.

3. Декомпозиция алгоритмов и программ на уровне действий и операторов. Условия Бернштейна и их нарушение. Истинная или потоковая зависимость, антизависимость, зависимость по выходным данным. Графы зависимостей. Связь зависимостей операторов с возможностью их одновременного выполнения.

4. Простые циклы: расстояние зависимости; зависимости, связанные и несвязанные с циклом. Вложенные циклы. Вектора зависимости и направлений. Их использование для определения возможности распараллеливания циклов. Эквивалентные преобразования программ и алгоритмов. Способы устранения зависимостей, связанных с циклом.

5. Динамическое, потоковое, статическое планирование, использование пула потоков, конвейеризация, состязательность. Проблемы балансировки загрузки процессоров. Гомогенные и гетерогенные вычислительные системы

Тема 5. Средства управления параллельными вычислениями (2 часа)

1. Интерфейс и реализация взаимодействия единиц параллельного выполнения в системах с общей и разделенной памятью. Управление вычислениями с помощью передачи сообщений в системах с общей и разделенной памятью.

2. Проблемы управления и контроля доступа к разделяемым ресурсам. Состязательность и гонки. Ложное разделение памяти. Синхронизация доступа к разделяемым ресурсам.

3. Примитивы синхронизации параллельного выполнения в системах с общей памятью. Мьютексы. Мониторы: переменные условия, события и семафоры. Барьерная синхронизация.

4. Проектирование и реализация комплексных протоколов синхронизации доступа к разделяемым ресурсам. Реализация событий и семафоров на основе мьютексов и переменных условий. Реализация

интерфейса передачи сообщений на основе многопоточной очереди сообщений.

5. Примитивы синхронизации, предоставляемые библиотеками языков C17, C++14 и C++20, платформами Windows и Linux (Pthreads). Масштабируемость алгоритмов, использующих синхронизацию.

6. Параллелизм, основанный на задачах. Интерфейс, балансировка нагрузки, пулы потоков, планирование выполнения. Примеры реализации параллелизма, основанного на задачах, (алгоритм Кули-Туки) с помощью конструкций OpenMP и C++14.

Тема 6. Реализация параллельных вычислений с помощью CUDA (2 часа)

1. CUDA расширение языка C. Понятие ядра (kernel) CUDA. Функции устройства. Поддержка элементов языков C и C++ и ограничения вычислений на устройстве CUDA.

2. Передача данных между хостом и устройством CUDA.

3. Использование разделяемой (shared) памяти для снижения длительности ввода-вывода данных. Влияние адресации и выравнивания на сериализацию доступа к разделяемой памяти: банки разделяемой памяти и конфликты доступа к банкам.

4. Асинхронное и одновременное выполнение ядер (kernel) CUDA. Потоки CUDA Stream. Реализация гетерогенного параллелизма с помощью центрального мультипроцессора и процессоров CUDA.

5. Высокоуровневые библиотеки CUDA. Nvidia Thrust. PyCUDA. Поддержка CUDA в среде Matlab.

Тема 7. Основы квантового параллелизма (2 часа)

1. Электромагнитная волна и векторное представление решения волнового уравнения Шредингера.

2. Обратимые вычисления, принцип Ландауэра и закон Куми.

3. Основные операции над кубитами: отображение на себя, инверсия. Обратимые постоянные функции. Квантовая суперпозиция. Преобразование Адамара.

4. Связанные кубиты и запутанность, представление серий кубит с помощью тензорного произведения. Управляемая инверсия кубит.

5. Алгоритм Дойча.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Практические занятия (0 час.)

Лабораторные работы (18 часов)

Лабораторная работа № 1. Вычисление остатка от деления длинных целых путем параллельной редукции вектора (4 час.)

Дан вектор слов, задающих разряды длинного беззнакового целого, а также слово, задающее модуль. Вычислить остаток от деления делимого на модуль с помощью параллельной редукции. Оценить и объяснить влияние размера подвекторов, которые подвергаются редукции последовательно, а также метода записи частичных результатов, получаемых каждым из потоков, на масштабируемость реализации. Объяснить положительное и отрицательное влияние кэш-памяти на масштабируемость.

Лабораторная работа № 2. Параллелизм выполнения, реализуемый задачами, на примере алгоритма Кули-Туки (4 час.)

С помощью задач OpenMP реализовать рекурсивное вычисление быстрого преобразования Фурье вектора комплексных чисел с помощью алгоритма Кули-Туки (для размера входа – степени двух) с переупорядочиванием входных элементов и записью результата в непересекающийся выходной вектор того же типа. Вычисление выполнять рекурсивно и параллельно для размеров входного вектора, больших четырех.

Выполнить распределение с помощью атомарного счетчика занятых потоков, оценить и обосновать аналитически разницу в масштабируемости обеих реализаций.

Лабораторная работа № 3. Параллельные алгоритмы инициализации массива и вычисления среднего с помощью редукции на CUDA (4 час.)

В рамках одного ядра (kernel) CUDA реализовать алгоритм параллельной инициализации массива случайными числами с помощью линейного конгруэнтного генератора и заданной параметрически стартовой последовательности. Элементы должны принадлежать подмножеству целых чисел, определенному границами, которые задаются параметрически. Реализация должна возвращать заданное числом с плавающей точкой среднее арифметическое сгенерированных значений.

Лабораторная работа № 4. Использование разделяемой памяти блока CUDA и параллельная фильтрация одномерного сигнала, представленного массивом целых (2 часа)

Представить и реализовать программой для устройства CUDA алгоритм, принимающий на вход вектор числовых значений и выполняющий инициализацию выходного буфера, так чтобы каждый его элемент был средним значением элементов входного вектора, которые принадлежат окну

с заданным радиусом, расположенным над соответствующим элементом входного вектора.

Модифицировать реализацию так, чтобы использовалась разделяемая память блока устройства CUDA, выполнив барьерную синхронизацию. Оценить ускорение вычислений для различных радиусов окна.

Лабораторная работа № 5. Реализация параллельного БПФ с помощью CUDA (4 час.)

Реализовать БПФ одномерного сигнала, представленного входным вектором комплексных значений с помощью Кули-Туки, с числом входных элементов, заданным степенью двух, и переупорядочиванием входных элементов. Смежные входные элементы копировать в разделяемую память устройства. Реализацию выполнить с использованием двух точек входа в код устройства, одна – для реализации БПФ близко расположенных (переупорядоченных) элементов с использованием разделяемой памяти; вторая – для реализации итерации Кули-Туки элементов, разнесенных более, чем на 48 кбайт.

Ш. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Параллельная обработка данных» включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	2 неделя обучения	Составление и анализ параллельного алгоритма подсчета элементов с заданным свойством	5 часов	Проект

		в векторе.		
2.	2 неделя обучения	Составление и реализация параллельных алгоритмов длинной арифметики.	4 часа	Проект
3.	2 неделя обучения	Быстрая сортировка с использованием параллельных вычислений.	5 часов	Проект
4.	3 неделя обучения	Инструментальные средства параллельных вычислений в C17 и C++20.	5 часов	Собеседование
5.	4 неделя обучения	Инструменты автоматизированного анализа параллельного кода программ.	4 часа	Собеседование
6.	4 неделя обучения	Оптимизация доступа к разделяемой памяти блока CUDA на примере задачи умножения матриц.	6 часов	Проект
7.	4 неделя обучения	Методы ограничения переупорядочивания инструкций процессора и языковых конструкций при компиляции.	6 часов	Собеседование
8.	6 неделя обучения	Распределение вычислений и инструменты MPI.	5 часов	Проект
9.	8 неделя обучения	Реализация параллельного сложения векторов с	5 часов	Проект

		помощью OpenCL.		
10.	8 неделя обучения	Реализация параллельного вычисления коэффициентов полиномов Лежандра и заполнения ими квадратной матрицы из их рекуррентного определения с помощью динамического параллелизма, реализуемого примитивами future/promise.	8 часов	Проект
11.	9 неделя обучения	Параллельный расчет вещественного значения аналитической функции в точке с помощью полиномиальной аппроксимации.	8 часов	Проект
12.	9 неделя обучения	Векторизация вычислений с помощью AVX, AVX-2 и AVX-512.	3 часа	Собеседование
13.	9 неделя обучения	LUP-разложение квадратной матрицы с помощью AVX-2 и AVX-512.	8 часов	Проект
		ИТОГО	72 часа	

Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа обучающихся подразумевает обязательную подготовку к лабораторным занятиям (оформление отчетов), изучение основной и дополнительно литературы по дисциплине, подготовку к текущему контролю и промежуточной аттестации в конце семестра, консультации преподавателей

Рекомендации по работе с литературой

Для более эффективного освоения и усвоения материала рекомендуется ознакомиться с теоретическим материалом по той или иной теме до проведения лабораторного занятия. Всю учебную литературу желательно изучать «под конспект».

Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала.

Работу с теоретическим материалом по теме можно проводить по следующей схеме:

- название темы;
- цели и задачи изучения темы;
- основные вопросы темы;
- характеристика основных понятий и определений, необходимых для усвоения данной темы;
- краткие выводы, ориентирующие на определенную совокупность сведений, основных идей, ключевых положений, систему доказательств, которые необходимо усвоить.

При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении консультаций, либо в индивидуальном порядке.

Подготовка к лабораторным работам

Подготовку к каждой лабораторной работе каждый студент должен начать с изучения теоретического материала и ознакомления с планом, который отражает содержание предложенной темы. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности студента свободно ответить на теоретические вопросы по теме задания, правильном его выполнении.

В процессе выполнения лабораторной работы или практического задания студент должен создать требуемый документ с помощью предлагаемого программного средства и выполнить требуемые в задании операции. Задание по лабораторной или практической работе содержит методические указания по подготовке документа, который должен быть получен в результате выполнения работы. При подготовке следует их внимательно прочесть.

Критерии оценки лабораторных работ

- 100-86 - выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.
- 85-76 - выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.
- 75-61 выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.
- 60-50 баллов - студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Тема № 1, Обоснование и теоретические основы параллельных вычислений, алгоритмов и программ	УК-2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом последовательности их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта	Знает критерии выбора метода параллельной обработки данных для произвольной предметной области при заданных требованиях к эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 1, 5, 7, 9, 11,13, 15, 16, 22, 24-26.
			Умеет выполнять прогнозную оценку эффекта от применения тех или иных методов параллельной обработки данных на функциональную эффективность.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 1, 5, 7, 9, 11,13, 15, 16, 22, 24-26.
			Владеет методами проектирования параллельных алгоритмов и параллельных программ параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 1, 5, 7, 9, 11,13, 15, 16, 22, 24-26.
		УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	Знает ограничения и определения эффективности методов параллельной обработки данных при заданных требованиях к оперативности и ресурсоемкости, а также к трудоемкости реализации параллельной обработки	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 1, 5, 7, 9, 11,13, 15, 16, 22, 24-26.

			данных.		
			Умеет составить алгоритмическую модель задачи параллельной обработки данных, выбрать адекватную параллельную форму алгоритма параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, выполнить их анализ на предмет корректности, оперативности, ресурсоемкости, отказоустойчивости.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 1, 5, 7, 9, 11,13, 15, 16, 22, 24-26.
			Методами оценки эффективности алгоритмов и программ параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, методами анализа эффективности алгоритмов и программ для параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	
2	Тема № 2, Архитектуры и интерфейсы платформ для параллельных вычислений	УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	Знает ограничения и определения эффективности методов параллельной обработки данных при заданных требованиях к оперативности и ресурсоемкости, а также к трудоемкости реализации параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
			Умеет составить алгоритмическую модель задачи параллельной обработки данных, выбрать адекватную параллельную форму алгоритма параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов,	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.

		выполнить их анализ на предмет корректности, оперативности, ресурсоемкости, отказоустойчивости.		
		Методами оценки эффективности алгоритмов и программ параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, методами анализа эффективности алгоритмов и программ для параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
	УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	Знает методы обоснования проектных решений при реализации обработки данных, критерии использования методов параллельных вычислений и параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
Умеет показать целесообразность и адекватность выбранного метода обработки данных для повышения общесистемной эффективности.		Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.	
Владеет навыками алгоритмической реализации задач обработки данных, синтеза их параллельных форм, выбора адекватных параллельных аппаратных и программных для их реализации.		Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.	
	ПК-3.1 демонстрирует знание методов программной реализации распределенных информационных систем	Знает методы обоснования инфокоммуникационных протоколов и их программной и аппаратной реализации для параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		Умеет обосновать	Устный опрос	Вопросы к

		выбранный метод реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах на основе требований к эффективности.	(УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		Владеет навыками формального обоснования алгоритмов, выбора средств реализации, выбранного метода реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
	ПК-3.2 использует методы программной реализации распределенных информационных систем	Знает основные языки и инфокоммуникационные протоколы для реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		Умеет осуществлять реализацию параллельной обработки данных в распределенных информационных системах с помощью языков программирования в соответствии с требованиями протокола, а также выбирать протокол взаимодействия при реализации задач параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		Владеет навыками использования методов параллельной обработки данных в распределенных информационных системах соответственно требованиям к функциональной эффективности и отказоустойчивости.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		ПК-3.3 применяет методы создания распределенных информационных систем, требуемых в профессиональной	Знает особенности применения основных языков и инфокоммуникационных протоколов для реализации параллельной обработки данных в	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).

		деятельности	распределенных информационных системах.	7).	
			Умеет реализовывать параллельную обработку данных в распределенных информационных системах с помощью языков программирования и протоколов взаимодействия при реализации задач параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
			Владеет навыками применения методов параллельной обработки данных в распределенных информационных системах соответственно требованиям к функциональной эффективности и отказоустойчивости.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
		ПК-9.1 демонстрирует знание методов программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает особенности описания алгоритмов и программ, используемых для параллельной обработки данных с помощью вычислительных машин и систем, реализующих различные модели параллелизма, включая высокопроизводительные вычислительные системы.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
			Умеет описывать параллельные алгоритмы и программы для параллельной обработки данных, их применимость и реализуемость для различных моделей параллелизма и соответствующих параллельных вычислительных машин и систем, реализующих параллельные и высокопроизводительные вычисления.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.
			Владеет терминами и навыками лингвистического описания и формального обоснования методов параллельной обработки	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-	Вопросы к зачету 3, 10, 12, 14, 15, 19-21, 27, 28, 30.

			данных с применением для этого высокопроизводительных вычислителей.	7).	
3	Тема № 3, Обзор языковых средств реализации параллельной обработки данных	УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	Знает методы обоснования проектных решений при реализации обработки данных, критерии использования методов параллельных вычислений и параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Умеет показать целесообразность и адекватность выбранного метода обработки данных для повышения общесистемной эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Владеет навыками алгоритмической реализации задач обработки данных, синтеза их параллельных форм, выбора адекватных параллельных аппаратных и программных для их реализации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
		ПК-4.1 демонстрирует знание методов создания программного обеспечения для анализа и обработки информации	Знает методы обоснования задач параллельной обработки данных и ее применения для анализа и обработки информации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Умеет выполнять формальное обоснование задач параллельной обработки данных для анализа и обработки информации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Владеет навыками описания и обоснования задач и реализаций параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
		ПК-4.2 использует методы создания программного обеспечения для анализа и	Знает методы программной реализации параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4);	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31,

		обработки информации		конспект (ПР-7).	35.
			Умеет реализовывать программы для параллельной обработки данных и анализа переносимой информации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Владеет методами программирования технических средств параллельной обработки данных на основе требований к функциональной эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
		ПК-9.2 использует методы программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает языковые средства и алгоритмические примитивы, используемые для параллельной обработки данных, включая высокопроизводительные вычислительные системы.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Умеет выполнять программную реализацию алгоритмов обработки данных, используя различные модели параллелизма, языковых средств для его программной реализации, моделей параллельных вычислений в целом.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
			Владеет формальными лингвистическими средствами для программной реализации параллельной и высокопроизводительной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 10, 12, 14, 17, 19-21, 23, 30, 31, 35.
4	Тема № 4, Синтез и анализ параллельных алгоритмов	УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути	Знает методы обоснования проектных решений при реализации обработки данных, критерии использования методов параллельных вычислений и параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
			Умеет показать целесообразность и адекватность выбранного метода обработки данных	Устный опрос (УО-1); дискуссия	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18,

	(алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	для повышения общесистемной эффективности.	(УО-4); конспект (ПР-7).	20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
		Владеет навыками алгоритмической реализации задач обработки данных, синтеза их параллельных форм, выбора адекватных параллельных аппаратных и программных для их реализации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
	ПК-4.2 использует методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации	Знает методы программной реализации параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
		Умеет реализовывать программы для параллельной обработки данных и анализа переносимой информации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
		Владеет методами программирования технических средств параллельной обработки данных на основе требований к функциональной эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
	ПК-4.3 применяет методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации, требуемых в профессиональной деятельности	Знает методы разработки программ для параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
		Умеет разрабатывать программы для параллельной обработки данных и их анализа.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.
		Владеет навыками программной реализации технических средств параллельной обработки данных на основе требований к	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30,

		эффективности.	7).	32, 35.
ПК-9.2 использует методы программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает языковые средства и алгоритмические примитивы, используемые для параллельной обработки данных, включая высокопроизводительные вычислительные системы.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.	
	Умеет выполнять программную реализацию алгоритмов обработки данных, используя различные модели параллелизма, языковых средств для его программной реализации, моделей параллельных вычислений в целом.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.	
	Владет формальными лингвистическими средствами для программной реализации параллельной и высокопроизводительной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.	
ПК-9.3 применяет методы организации параллельной обработки данных, требуемых в профессиональной деятельности	Знает принципы организации параллельных вычислений применительно к задачам обработки данных, а также фундаментальные логические примитивы, используемые для реализации взаимодействия параллельных вычислителей и единиц выполнения при такой организации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.	
	Умеет выполнять организацию параллельных вычислений для высокопроизводительной обработки данных с помощью параллельных вычислительных машин и их систем.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 35.	
	Владет методами применения принципов организации параллельных вычислений при реализации	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30,	

			параллелизуемых алгоритмов обработки данных за счет использования параллельных вычислительных машин и их систем.	7).	32, 35.
5	Средства управления параллельным и вычислениями	УК-2.3 обеспечивает выполнение проекта в избранной профессиональной сфере в соответствии с установленными целями, сроками и затратами. Предлагает возможные пути (алгоритмы) внедрения в практику результатов проекта (или осуществляет его внедрение)	Знает методы обоснования проектных решений при реализации обработки данных, критерии использования методов параллельных вычислений и параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Умеет показать целесообразность и адекватность выбранного метода обработки данных для повышения общесистемной эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Владеет навыками алгоритмической реализации задач обработки данных, синтеза их параллельных форм, выбора адекватных параллельных аппаратных и программных для их реализации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
		ПК-3.3 применяет методы создания распределенных информационных систем, требуемых в профессиональной деятельности	Знает особенности применения основных языков и инфокоммуникационных протоколов для реализации параллельной обработки данных в распределенных информационных системах.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Умеет реализовывать параллельную обработку данных в распределенных информационных системах с помощью языков программирования и протоколов взаимодействия при реализации задач параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Владеет навыками применения методов параллельной обработки	Устный опрос (УО-1);	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17,

			данных в распределенных информационных системах соответственно требованиям к функциональной эффективности и отказоустойчивости.	дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	19, 24, 26, 27, 29, 31.
	ПК-4.3 применяет методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации, требуемых в профессиональной деятельности		Знает методы разработки программ для параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Умеет разрабатывать программы для параллельной обработки данных и их анализа.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Владеет навыками программной реализации технических средств параллельной обработки данных на основе требований к эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
	ПК-9.3 применяет методы организации параллельной обработки данных, требуемых в профессиональной деятельности		Знает принципы организации параллельных вычислений применительно к задачам обработки данных, а также фундаментальные логические примитивы, используемые для реализации взаимодействия параллельных вычислителей и единиц выполнения при такой организации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Умеет выполнять организацию параллельных вычислений для высокопроизводительной обработки данных с помощью параллельных вычислительных машин и их систем.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17, 19, 24, 26, 27, 29, 31.
			Владеет методами применения принципов организации	Устный опрос (УО-1);	Вопросы к зачету 4, 6-10, 12, 17,

			параллельных вычислений при реализации параллелизуемых алгоритмов обработки данных за счет использования параллельных вычислительных машин и их систем.	дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	19, 24, 26, 27, 29, 31.
6	Тема № 6, Реализация параллельных вычислений с помощью CUDA	УК-2.2 разрабатывает программу действий по решению задач проекта с учетом имеющихся ресурсов и ограничений	Знает ограничения и определения эффективности методов параллельной обработки данных при заданных требованиях к оперативности и ресурсоемкости, а также к трудоемкости реализации параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
			Умеет составить алгоритмическую модель задачи параллельной обработки данных, выбрать адекватную параллельную форму алгоритма параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, выполнить их анализ на предмет корректности, оперативности, ресурсоемкости, отказоустойчивости.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
			Методами оценки эффективности алгоритмов и программ параллельной обработки данных, выбрать аппаратную платформу и программно-лингвистические средства составленных алгоритмов, методами анализа эффективности алгоритмов и программ для параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		ПК-4.2 использует методы создания программного обеспечения для анализа и	Знает методы программной реализации параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4);	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.

	обработки информации		конспект (ПР-7).	
		Умеет реализовывать программы для параллельной обработки данных и анализа переносимой информации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		Владеет методами программирования технических средств параллельной обработки данных на основе требований к функциональной эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
	ПК-4.3 применяет методы создания программного обеспечения для анализа и обработки информации, требуемых в профессиональной деятельности	Знает методы разработки программ для параллельной обработки и анализа данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		Умеет разрабатывать программы для параллельной обработки данных и их анализа.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		Владеет навыками программной реализации технических средств параллельной обработки данных на основе требований к эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
	ПК-9.2 использует методы программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает языковые средства и алгоритмические примитивы, используемые для параллельной обработки данных, включая высокопроизводительные вычислительные системы.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		Умеет выполнять программную реализацию алгоритмов обработки данных, используя различные модели параллелизма, языковых средств для его программной реализации,	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.

			моделей параллельных вычислений в целом.		
			Владеет формальными лингвистическими средствами для программной реализации параллельной и высокопроизводительной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
		ПК-9.3 применяет методы организации параллельной обработки данных, требуемых в профессиональной деятельности	Знает принципы организации параллельных вычислений применительно к задачам обработки данных, а также фундаментальные логические примитивы, используемые для реализации взаимодействия параллельных вычислителей и единиц выполнения при такой организации.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
			Умеет выполнять организацию параллельных вычислений для высокопроизводительной обработки данных с помощью параллельных вычислительных машин и их систем.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
			Владеет методами применения принципов организации параллельных вычислений при реализации параллелизуемых алгоритмов обработки данных за счет использования параллельных вычислительных машин и их систем.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 4, 6, 14, 19, 21, 27, 30.
7	Тема № 7, Основы квантового параллелизма	УК-2.1 определяет проблему, на решение которой направлен проект, грамотно формулирует цель проекта. Планирует этапы работы над проектом с учетом	Знает критерии выбора метода параллельной обработки данных для произвольной предметной области при заданных требованиях к эффективности.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 33, 34.
			Умеет выполнять прогнозную оценку эффекта от применения	Устный опрос (УО-1);	Вопросы к зачету 33, 34.

		последовательность и их реализации, определяет этапы жизненного цикла проекта	тех или иных методов параллельной обработки данных на функциональную эффективность.	дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	
			Владеет методами проектирования параллельных алгоритмов и параллельных программ параллельной обработки данных.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 33, 34.
	ПК-9.1 демонстрирует знание методов программной реализации систем с параллельной обработкой данных и высокопроизводительных систем	Знает особенности описания алгоритмов и программ, используемых для параллельной обработки данных с помощью вычислительных машин и систем, реализующих различные модели параллелизма, включая высокопроизводительные вычислительные системы.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 33, 34.	
		Умеет описывать параллельные алгоритмы и программы для параллельной обработки данных, их применимость и реализуемость для различных моделей параллелизма и соответствующих параллельных вычислительных машин и систем, реализующих параллельные и высокопроизводительные вычисления.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 33, 34.	
		Владеет терминами и навыками лингвистического описания и формального обоснования методов параллельной обработки данных с применением для этого высокопроизводительных вычислителей.	Устный опрос (УО-1); дискуссия (УО-4); конспект (ПР-7).	Вопросы к зачету 33, 34.	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки

знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в разделе VIII.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

(электронные и печатные издания)

1. Параллельные вычислительные системы : учебное пособие / Н.Ю. Сиротинина [и др.]. — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2019. — 178 с. — ISBN 978-5-7638-4180-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/100081.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Биллиг В.А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование: учебник / Биллиг В.А. — Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 310 с. — ISBN 978-5-4497-0936-3. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/102044.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

3. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие / Гергель В.П. — Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 500 с. — ISBN 978-5-4497-0389-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/89478.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

4. Федотов И.Е. Параллельное программирование. Модели и приемы / Федотов И.Е.. — Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2018. — 390 с. — ISBN 978-5-91359-222-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/90420.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

5. Арыков С.Б. Параллельное программирование над общей памятью. POSIX Threads: учебное пособие / Арыков С.Б., Городничев М.А., Щукин Г.А. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018. — 87 с. — ISBN 978-5-7782-3642-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. —

URL: <http://www.iprbookshop.ru/91650.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP: учебное пособие / Левин М.П. — Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 133 с. — ISBN 978-5-4497-0685-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97572.html> (дата обращения: 31.01.2021). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

Дополнительная литература

1. Левин, М. П. Параллельное программирование с использованием OpenMP / М. П. Левин. — Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 133 с. — ISBN 978-5-94774-857-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/52216.html> (дата обращения: 07.07.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей».

2. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы / И. Е. Федотов. — Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2018. — 390 с. — ISBN 978-5-91359-222-4. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/90420.html> (дата обращения: 27.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей

3. Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI / А. С. Антонов. — 2-е изд. — Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 83 с. — ISBN 2227-8397. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73704.html> (дата обращения: 23.12.2020). — Режим доступа: для авторизир. пользователей».

4. Параллельное программирование: учебное пособие / С. С. Ефимов; Омск: Омский государственный университет, 2009. — 397 с.

5. Параллельное программирование с использованием OpenMP: учебное пособие / М. П. Левин. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 118 с.

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM
<http://znanium.com/>

2. Студенческая электронная библиотека «Консультант студента»
<http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>

3. Научная библиотека ДВФУ. Электронный каталог
<http://lib.dvfu.ru:8080/>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:

1. Среды разработки ПО Microsoft Visual Studio Community 2019 и Microsoft Visual Studio Community 2017.
2. Компиляторы gcc, g++ версии не ниже 6.2.0, а также отладчик gdb.
3. Пакет Nvidia CUDA Toolkit версии не ниже 9.0.
4. Microsoft Office (Access, Excel, PowerPoint, Word и т. д).
5. Open Office.

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используются следующие информационно-справочные системы.

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
3. Электронная библиотека "Консультант студента".
4. Электронно-библиотечная система IPRbooks.
5. Информационная система "ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам".
6. Доступ к электронному заказу книг в библиотеке ДВФУ, доступ к нормативным документам ДВФУ, расписанию, рассылке писем.

Лабораторные занятия проводятся в специализированном компьютерном классе.

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины. Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по

итогах освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

Лекционные занятия ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

Лабораторные занятия акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

Работа с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

Подготовка к экзамену/зачету. К сдаче экзамена/зачета допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D 733, 733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 13) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная, Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK с лицензионными программами Microsoft Office 2013 (13 шт.) и аудиовизуальным и средствами проектор Panasonic DLPPjectorPT-D2110XE</p>	<p>1С Предприятия8 (8.2), 7-Zip, ABBYY Lingvo12, Alice 3, Anaconda3, Autodesk, CodeBlocks, CorelDRAW X7, Dia, Directum4.8, DosBox-0.74, Farmanager, Firebird 2.5, FlameRobin, Foxit Reader, Free Pascal, Geany, Ghostscript, Git, Greenfoot, gsview, Inscapе0.91, Java, Java development Kit, Kaspersky, Lazarus, LibreOffice4.4, MatLab R2017b, Maxima 5.37.2, Microsoft Expression, Microsoft Office 2013, Microsoft Silverlight, Microsoft Silverlight 5 SDK-русский, Microsoft Sistem Center, Microsoft Visual Studio 2012, MikTeX2.9, MySQL, NetBeans, Notepad++, Oracle VM VirtualBox, PascalABC.NET, PostgreSQL 9.4, PTC Mathcad, Putty, PyQt GPL v5.4.1 for Pythonv 3.4, Pyton2.7(3.4, 3.6), QGIS Brighton, RStudio, SAM CoDeC Pack, SharePoint, Strawberry Perl, Tecnomatix, TeXnicCenter, TortoiseSVN, Unity2017.3.1f1, Veusz, Vim 8.1, Visual Paradigm CE, Visual Studio2013, Windows Kits, Windows Phone SDK8.1, Xilinx Design Tools Acrobat ReaderDC, AdobeBridge CS3, AdobeDeviceCentralCS3, Adobe ExtendScript Toolkit 2, Adobe Photoshpe CS3, DVD-студия Windows, GoogleChrome, Internet Explorer, ITMOproctor, Mozilla Firefox, Visual Studio Installer, Windows Media Center, WinSCP,</p>

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Для дисциплины «Параллельная обработка данных» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

- 1) устный опрос (УО-1);
- 2) дискуссия (УО-4).

Письменные работы:

- 1) конспект (ПР-7);
- 2) проект (ПР-6).

Устный опрос

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Дискуссия (УО-4) – оценочное средство, позволяющее включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.

Письменные работы

Письменный ответ прививает навыки формального, точного и лаконичного выражения мысленных идей и сформированных студентом в ходе изучения материала дисциплины когнитивных структур.

Конспект (ПР-7) – продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанной лекции, сообщения и т.д.

Проект (ПР-6) – конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий, который позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления; может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины

Оценочные средства для промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Параллельная обработка данных» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине –

зачет (6-й, весенний семестр). Зачет по дисциплине включает ответы на 3 вопроса, как минимум один из которых направлен на оценку общих теоретических знаний по предмету, и как минимум один – на решение конкретной задачи по синтезу или анализу математической модели межмашинного взаимодействия.

Методические указания по сдаче зачета

Зачет принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению директора департамента (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора института по учебной и воспитательной работе, директор департамента имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения зачета (устная, письменная и др.) утверждается на заседании департамента по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения зачета студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на зачете, должно составлять не более 60 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора института, руководителя ОПОП или директора департамента), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

В зачетную книжку студента вносится только запись «зачтено», запись «не зачтено» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

Вопросы к зачету

1. Классификация архитектур вычислительных систем. (Классификация Флинна).

2. Реализовать алгоритм

$$w_{ave}(x_1, x_2) = \frac{1}{x_2 - x_1} \int_{x_1}^{x_2} f(x)w(x)dx$$

расчета средневзвешенного значения функции $f(x)$ на интервале $x_1 \leq x \leq x_2$ параллельно, если задана весовая функция $w(x)$, также определенная на интервале $x_1 \leq x \leq x_2$. Вход и выход обеих функций – числа с плавающей точкой двойной точности (double).

Обосновать эффективность параллельного выполнения такого вычисления T потоками выполнения при выбранном методе записи результата в разделяемую переменную и выбранном методе статического распределения нагрузки.

Пусть функция $f(x)$ имеет побочные эффекты, которые могут приводить к гонкам. Какие изменения будет необходимо внести в реализацию, и как это повлияет на эффективность решения задачи?

3. Аппаратное обеспечение параллельных вычислений.

4. Пусть задана квадратная матрица A значений с N столбцами, N строками и с рангом N . Реализовать ядро CUDA (и вспомогательные функции устройства), вычисляющее обратную матрицу A^{-1} с помощью LU-разложения. При условии, что все элементы матрицы A могут быть уместены в собственной разделяемой памяти одного блока CUDA, а число $N^2 \leq T$, где T – максимальное число потоков CUDA на блок, реализовать алгоритм с использованием разделяемой памяти CUDA.

Интерфейс:

```
void Inverse(/*in*/ const double* A, size_t N, /*out*/ double* AInv);
```

5. Модели параллельного программирования. Основные свойства параллельных алгоритмов.

6. Пусть имеется оцифрованный звуковой сигнал, заданный набором уровней исходного сигнала на дискретном наборе временных отчетов. Такое цифровое представление звукового сигнала можно рассматривать как вектор уровней сигнала.

Пусть уровень звука момент времени определяется 32-х битовым числом с плавающей точкой. С помощью CUDA реализовать фильтр, осуществляющий вейвлет-преобразование Хаара $h(V, N)$, так, чтобы для вектора $V = \{v_i\}_{0 \leq i < N}$ из $N = 2^k$ элементов

$$h(V, N) = \begin{cases} \{v_0\}, N \equiv 1 \\ h\left(\bigcup_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{\frac{v_{2i} + v_{2i+1}}{2}\right\}, \frac{N}{2}\right) \cup \bigcup_{i=0}^{\frac{N}{2}-1} \left\{\frac{v_{2i} - v_{2i+1}}{2}\right\}, N > 1 \end{cases}$$

Интерфейс:

```
void h(const float* input, size_t N, float* output);
```

7. Модель задача-канал. Основные свойства модели "задача/канал".

8. Пусть имеется некоторый канал, через который многопоточному серверу передаются запросы $M = \{m_i\}$ на последовательные вычисления, объем которых независим от запроса и равен t . Опишите возможную логическую организацию вычислений на сервере с T логическими процессорами. Опишите узкие места в предложенной организации и способ их устранения. Если возможно атомарное получение количества потоков выполнения, единовременно выполняющих ожидание прихода через канал сообщения, то как повлияет на реализацию и оперативность сервера введение дополнительного параллельного и независимого канала?

9. Модель передачи сообщений.

10. С помощью переменных условий реализовать (с помощью Posix или C17 или C++14 threads) событие, под которым понимается механизм синхронизации со следующим интерфейсом:

Создание экземпляра: без параметров.

Ожидание события с блокировкой ожидающего потока:

```
void wait_event(event);
```

Перевод события в сигнальное состояние:

```
void set_event(event);
```

Сброс события из сигнального состояния:

```
void reset_event(event);
```

Событие, не находящееся в сигнальном состоянии должно блокировать поток, вызывающий метод `wait_event` над ним.

Когда событие переводится в сигнальное состояние, все потоки, ожидающие событие, разблокируются. Потоки, вызывающие `wait_event` над событием, находящимся в сигнальном состоянии, не блокируются.

Событие остается в сигнальном состоянии до тех пор, пока не будет вызван метод `reset_event` над ним.

Только что созданное событие находится в несигнальном состоянии.

Продемонстрировать реализацию с помощью семафоров C++20.

11. Модель параллелизма данных.

12. С помощью переменных условий (Posix или C17 или C++14) реализовать семафор, который создается с заданным целым числом N – максимальным

числом потоков, которые одновременно могут владеть экземпляром семафора. Это число может быть изменено с помощью интерфейса `release_semaphore`, который приведен ниже.

Требуется реализовать следующий интерфейс.

Создание семафора: на вход процедуры создания семафора подается беззнаковое целое ненулевое N .

Завладение семафором:

```
void acquire_semaphore(semaphore);
```

Освобождение семафора:

```
void release_semaphore(semaphore, unsigned N);
```

13. Модель разделяемой памяти.

14. С помощью CUDA реализовать подсчет в случайном большом векторе V из N 32-х битовых целых элементов, которые делятся на два, три и пять.

Интерфейс:

```
void count_multiplies(const int * V, size_t N, unsigned* m2, unsigned * m3, unsigned * m5);
```

15. Совместное и параллельное выполнение программ (concurrency и parallelism).

16. Аналитически предсказать масштабируемость параллельной программы, доля α которой может быть выполнена полностью параллельно сколь угодно большим количеством параллельных потоков, не требующих синхронизации, так, что каждый из потоков будет выполнять одинаковое со всеми остальными потоками количество вычислений, если время, которое требуется на создание и объединение потоков линейно зависит от количества потоков.

17. Реализовать параллельный поиск в неупорядоченном векторе `vec`, составленном из `count` целых чисел, максимального элемента, меньшего либо равного искомому элементу `val`. Если такого элемента не существует, возвращать нуль.

Интерфейс.

```
int* parallel_lower_bound(const int* vec, unsigned count, int val);
```

Реализацию выполнить с помощью редукции и барьера C++20. Оценить асимптотическую сложность поиска.

18. Реализация совместных вычислений средствами операционных систем Unix, Windows. Потоки Posix.

19. С помощью CUDA и центрального процессора реализовать гетерогенные параллельные вычисления для генерации в выходной вектор значений (плавающая точка, одинарная точность) синусоиды для заданных диапазоном (x_0, x_{N-1}) и (большим) шагом N значений абсциссы.

Интерфейс:

```
void generate(float* buffer, size_t N, float x0, float xN_1);
```

20. Языковые инструменты для параллельных и совместных вычислений: OpenMP, потоки C11-C17 и C++11. Управление параллельными вычислениями с помощью примитивов C++17 и C++20. Параллельные алгоритмы C++17.

21. Составить параллельный алгоритм подсчета частот байтовых символов в векторе байт input длины N. Результатом должна являться таблица частот – вектор weights из 256-ти целых типа unsigned.

Реализовать алгоритм для CUDA.

Интерфейс:

```
void gather_weights(const uint8_t* input, size_t N, unsigned* weights);
```

22. Детерминизм параллельных алгоритмов и программ.

23. Пусть двумя векторами $X = \{x_i\}_{0 \leq i < N}$ и $Y = \{y_i\}_{0 \leq i < N}$ заданы два длинных целых беззнаковых числа. Показать параллельную реализацию умножения «в столбик» потоками центрального процессора. Произведение должно быть записано в предоставленный буфер $Z = \{z_i\}_{0 \leq i < 2N}$.

Интерфейс:

```
void parallel_mul(const unsigned* X, const unsigned* Y, size_t N, unsigned* Z);
```

24. Параллелизм, основанный на задачах.

25. Какова временная вычислительная сложность подсчета суммы всех значений в случайном векторе чисел с помощью редукции, если имеется неограниченное количество параллельных логических процессоров?

26. Инструменты синхронизации при реализации совместных вычислений: мьютексы и мониторы.

27. Пусть задан некоторый двусвязный список $list = \{(L, V_0, R)_i\}_{0 \leq i < N}$, каждый i -ый узел которого хранит адреса соседних узлов, левого – L_i и правого – R_i , а также ассоциированное с ним значение $V_{0,i}$ с плавающей точкой одинарной точности (float). Для крайнего левого элемента указатель L_0 равен NULL. Аналогично, для крайнего правого элемента списка указатель R_{N-1} равен NULL.

Ассоциировать каждый список с задачей и, используя SPMD-параллелизм, а также синхронизацию типа «барьер», реализовать алгоритм, который принимает на вход головной (первый) узел списка, а также значение t и изменяет значения $V_{0,i}$ на $V_{t,i}$ согласно формуле:

$$V_{t,i} = \frac{V_{t-1,i-1} + 2V_{t-1,i} + V_{t-1,i+1}}{4}$$

для $0 < i < N - 1$ и $t > 0$.

Реализовать алгоритм на CUDA с интерфейсом:

```
struct ListNode  
{
```

```

    struct ListNode* L;
    struct ListNode* R;
    float V;
};
void fin_diff(struct ListNode* list, unsigned t);

```

28. Вычисления на графических процессорах. SIMD-параллелизм.

29. Пусть имеется некоторое дерево, которое задается корнем. Элементы дерева никак не упорядочены. Записать алгоритм параллельного поиска элемента с заданным значением в таком дереве, считая, что все элементы уникальны по ассоциированным с ними значениям. Реализовать алгоритм, используя понятие задачи и динамический параллелизм на центральном процессоре.

30. Ускорители вычислений NVIDIA CUDA. Программно-аппаратная архитектура CUDA.

31. Гетерогенные вычисления с использованием центральных и графических процессоров.

32. Обосновать необходимости перестановок элементов вектора при выполнении алгоритма Кули-Туки с точки зрения реализуемости и оперативности реализации на центральном процессоре с кэш-памятью, а также в параллельных системах с разделенной памятью.

33. Реализация квантового параллелизма. Какого ускорения по сравнению с классическими вычислениями можно добиться в результате квантового вычисления обратимой функции, принимающей n -битовый параметр в отсутствие измерений?

34. Пусть имеется некоторая функция $f: \{0,1\}^2 \rightarrow \{0,1\}$. Показать метод реализации квантового вычисления, которое вычисляет значение функции для каждого из четырех возможных пар аргументов параллельно с помощью четырехполюсника, выполняющего преобразование $U(|x\rangle |y\rangle) \rightarrow |x\rangle |y \oplus f(x)\rangle$.

35. Пусть на двумерном Евклидовом пространстве задан вектор точек $P = \{p_i\}_{0 \leq i < N}$, $N > 2$. Создать параллельный алгоритм поиска пары ближайших друг к другу точек, используя стратегию «разделяй и властвуй». Реализовать алгоритм на центральном процессоре, используя понятие задачи и динамический параллелизм.

```

struct point_t
{
    float x, y;
};
void closest_points(const point_t* P, size_t N, point_t* p1, point_t* p2);

```

Критерии выставления оценки студенту на зачете

Баллы	Оценка зачета/	Требования к сформированным
-------	----------------	-----------------------------

(рейтинговой оценки)	экзамена (стандартная)	компетенциям
86-100	«зачтено»/ «отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76-85	«зачтено»/ «хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	«зачтено»/ «удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0-60	«не зачтено»/ «неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, дискуссии, конспекты лекций, проекты) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы

Проводится проверка отчетов по самостоятельной работе. Задание зачтено, если нет ошибок. По текущим ошибкам даются пояснения.

Вопросы для собеседования

1. Инструментальные средства параллельных вычислений в C11 и C++17.
2. Инструменты автоматизированного анализа параллельного кода программ.
3. Методы ограничения переупорядочивания инструкций процессора и языковых конструкций при компиляции.
4. Векторизация вычислений с помощью AVX, AVX-2 и AVX-512.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ на вопрос, продемонстрировал понимание материала и сформулировал ответ, опираясь на его формальное обоснование.
«не зачтено»	Студент демонстрирует незнание вопроса, невозможность обосновать на вопрос.

Перечень дискуссионных тем для дискуссии

1. Примитивы синхронизации и локальных по отношению к потоку ресурсов памяти в C17: мьютексы, переменные условия, TSS, атомарные элементы данных.
2. Синхронизация в C++11 и C++17: простой, рекурсивный и разделяемый мьютексы, `condition_variable`, `condition_variable_any`, `latch`, `barrier`, семафоры, `future/promise`.

3. Облегченные потоки C++20.
4. Динамический параллелизм и задачи C++11.
5. Параллельные реализации алгоритмов в C++17, управляемые политиками.
6. Инструменты автоматизированного анализа параллельного кода программ.
7. Динамический и статический анализ параллельного кода в Visual Studio.
8. Профилирование с помощью Intel VTune Profiler.
9. Аппаратная поддержка суперскалярных вычислений микропроцессорами.
10. Оптимизация времени выполнения и переупорядочивание инструкций для снижения управления зависимостями по данным.
11. Автоматическое снижение зависимостей по данным на этапе компиляции. Переупорядочивание и реструктуризация программ на этапе компиляции.
12. Применение флагов GCC tree-parallelize-loops, tree-loop-vectorize и tree-slp-vectorize.
13. Структура YMM и ZMM регистров AVX и AVX-512.
14. Энергоэффективность и снижение тактовой частоты AVX и AVX-512.
15. Алгоритмические методы вычислений в конечном поле средствами AVX-2 и AVX-512 на примере редукций и полиномиального умножения.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент умеет аргументированно обосновать свою точку зрения на рассматриваемый вопрос, используя термины и определения предметной области дисциплины, опираясь на законы и формальное математическое обоснование, приведенное в лекциях и полученное в ходе выполнения практических работ.
«не зачтено»	Студент демонстрирует незнание вопроса, неумение аргументированно обосновать свою точку зрения.

Перечень тем лекционных занятий, отражение которых в конспекте обязательно

1. Обоснование и теоретические основы параллельных вычислений, алгоритмов и программ.

2. Архитектуры и интерфейсы платформ для параллельных вычислений.
3. Обзор языковых средств реализации параллельной обработки данных.
4. Синтез и анализ параллельных алгоритмов.
5. Средства управления параллельными вычислениями.
6. Реализация параллельных вычислений с помощью CUDA.
7. Основы квантового параллелизма.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
<i>«зачтено»</i>	Конспект выполнен аккуратно, в нем приведены все основные постулаты лекции, кратко описано их обоснование. Где, в соответствии с лекцией, необходимо, приведено оформление материала лекций в виде рисунков, таблиц и графиков.
<i>«не зачтено»</i>	Конспект не выполнен, не отражает материал лекции или отражает его не более чем на 70%, приведены не все выводы и постулаты лекции, материал, где необходимо, не сопровождается рисунками, графиками и таблицами, или они не в полной мере, неадекватно отражают обсуждаемый вопрос, выполнены не аккуратно.

Перечень проектов

1. Составление и анализ параллельного алгоритма подсчета элементов с заданным свойством в векторе.
2. Составление и реализация параллельных алгоритмов длинной арифметики.
3. Быстрая сортировка с использованием параллельных вычислений.
4. Оптимизация доступа к разделяемой памяти блока CUDA на примере задачи умножения матриц.
5. Распределение вычислений и инструменты MPI.
6. Реализация параллельного сложения векторов с помощью OpenCL.
7. Реализация параллельного вычисления коэффициентов полиномов Лежандра и заполнения ими квадратной матрицы из их рекуррентного определения с помощью динамического параллелизма, реализуемого примитивами future/promise.
8. Параллельный расчет вещественного значения аналитической функции в точке с помощью полиномиальной аппроксимации.
9. LUP-разложение квадратной матрицы с помощью AVX-2 и AVX-512.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
	Проект выполнен, соответствует заданию: применимость, способ

«зачтено»	задания входных и выходных параметров реализации, области применимости и разрешимости, достигнута требуемая функциональная эффективность реализации.
«не зачтено»	Проект не выполнен или не соответствует заданию в части метода реализации, применимости, способа задания входных и выходных параметров, областей применимости и разрешимости, требуемой функциональной эффективности.

Темы лабораторных работ

1. Вычисление остатка от деления длинных целых путем параллельной редукции вектора.
2. Параллелизм выполнения, реализуемый задачами, на примере алгоритма Кули-Туки.
3. Параллельные алгоритмы инициализации массива и вычисления среднего с помощью редукции на CUDA.
4. Использование разделяемой памяти блока CUDA и параллельная фильтрация одномерного сигнала, представленного массивом целых.
5. Реализация параллельного БПФ с помощью CUDA.

Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Лабораторная работа выполнена и соответствует заданию: применимость, способ задания входных и выходных параметров реализации, области применимости и разрешимости, проанализирована функциональная эффективность реализации, сделаны и обоснованы выводы.
«не зачтено»	Лабораторная работа не выполнена или не соответствует заданию в части метода реализации, применимости, способа задания входных и выходных параметров, областей применимости и разрешимости. Не выполнен анализ результатов выполнения работы и/или не сделаны выводы или не приведено их обоснование.