

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Баламирзоев Назим Лиодинович
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.03.2026 13:02:13
Уникальный программный ключ:
5cf0d6f89e80f49a334f6a4ba58e91f3326b9926



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

Институт кибербезопасности и цифровых технологий

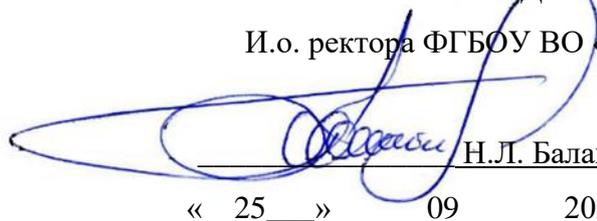
Региональный партнёр

ФГБОУ ВО

«Дагестанский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора ФГБОУ ВО «ДГТУ»


Н.Л. Баламирзоев

« 25 » 09 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.02.01 ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Направление подготовки: 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Направленность (профиль подготовки): «Прикладной искусственный интеллект»

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Махачкала 2023

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ОПОП ВО по направлению подготовки 09.03.01. – Информатика и вычислительная техника, профилю «Прикладной искусственный интеллект»

Разработчик


подпись

Магомедов И.А., к.т.н, доцент

(ФИО уч. степень, уч. звание)

05.09.2023г.

Зав. кафедрой, за которой закреплена дисциплина (модуль)


подпись

Гасанова Н.М., к.э.н., доцент

(ФИО уч. степень, уч. звание)

05.09. 2023г.

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры УиИТСиВТ

от 12.09.2023 г., протокол № 1

Зав. выпускающей кафедрой по данному направлению (специальности, профилю)


подпись

Гасанова Н.М., к.э.н., доцент

(ФИО уч. степень, уч. звание)

от 12.09.2023 г.

Программа одобрена на заседании Методического совета факультета компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики от 22.09.2023 года, протокол № 1.

Председатель Методического совета факультета КТВТиЭ


подпись

Исабекова Т.И., к.ф.-м. н., доцент

(ФИО уч. степень, уч. звание)

«22» 09. 2023 г

Декан факультета


подпись

Ш.А. Юсуфов

ФИО

Начальник УО


подпись

Э.В. Магомаева

ФИО

1. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: формирование у студентов систематизированных знаний, умений и навыков в области архитектур, моделей, методов и технологий высокопроизводительных вычислений (HPC), а также их применения для решения ресурсоемких задач прикладного искусственного интеллекта.

Задачи дисциплины:

1. Изучить классификацию и архитектурные особенности высокопроизводительных вычислительных систем (суперкомпьютеры, кластеры, GPU).
2. Сформировать понимание моделей параллельного программирования (MPI, OpenMP, CUDA/OpenCL) и принципов оценки их эффективности.
3. Освоить практические навыки разработки, отладки и оптимизации параллельных программ.
4. Изучить методы распараллеливания алгоритмов, характерных для задач ИИ (обучение больших моделей, обработка данных, матричные вычисления).
5. Развить умение анализировать вычислительную сложность задачи и выбирать адекватную HPC-технологии для ее решения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Для успешного освоения необходимы знания и компетенции, полученные при изучении дисциплин: «Программирование», «Алгоритмы и структуры данных», «Архитектура ЭВМ и систем», «Операционные системы», «Математические основы искусственного интеллекта».

3. Результаты освоения дисциплины "Высокопроизводительные вычисления"

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Код	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:	Другая дисциплина (дисциплины) / практика, участвующая в формировании компетенции
ОПК-4	Способен разрабатывать компоненты аппаратно-программных комплексов и баз данных, используя современные инструментальные средства и технологии программирования	ОПК-4.1 Применяет технологии параллельного программирования (OpenMP, MPI) для разработки компонентов вычислительных систем.	<p> Знать: архитектурные модели параллельных систем (SMID, MIMD), основы технологий OpenMP и MPI.</p> <p>Уметь: разрабатывать параллельные программы для систем с разделяемой и распределенной памятью.</p> <p>Владеть: навыками отладки и оптимизации параллельных приложений. Архитектура ЭВМ и систем. Программирование. Операцион</p>	Архитектура ЭВМ и систем. Программирование. Операционные системы.
		ОПК-4.2 Использует технологии GPU-программирования (CUDA/OpenCL) для решения вычислительных задач.	<p>Знать: архитектуру GPU, модель выполнения CUDA, иерархию памяти.</p> <p>Уметь: разрабатывать и оптимизировать ядра (kernels) для выполнения на графических процессорах.</p> <p>Владеть: инструментами разработки и профилирования</p>	Алгоритмы и структуры данных. Математические основы искусственного интеллекта.

			CUDA-приложений. Алгоритмы и а.	
ПК-1	Способен проводить предпроектное обследование, анализ предметной области, проектировать и моделировать компоненты информационных систем	ПК-1.1 Анализирует вычислительную задачу на предмет распараллеливания и выбирает адекватную HPC-технологию.	<p>Знать: метрики производительности (ускорение, эффективность), законы Амдала и Густафсона.</p> <p>Уметь: проводить анализ алгоритма для выявления независимых ветвей вычислений и потенциальных узких мест.</p> <p>Владеть: методами проектирования параллельных алгоритмов.</p>	Методы оптимизации. Теория алгоритмов.
		ПК-1.2 Проектирует архитектуру параллельного приложения для решения задач искусственного интеллекта.	<p>знать: особенности распараллеливания алгоритмов машинного обучения (матричные операции, градиентный спуск).</p> <p>Уметь: проектировать гибридные (MPI+OpenMP) и распределенные решения для обучения моделей ИИ.</p> <p>Владеть: основами работы с системами управления заданиями (SLURM). Системы</p>	Системы искусственного интеллекта. Нейронные сети.

ПК-9	Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем	ПК-9.1 Настраивает программную среду для разработки и выполнения параллельных приложений.	<p>Знать: состав и требования к программному стеку HPC (компиляторы, библиотеки, драйверы).</p> <p>Уметь: устанавливать и настраивать MPI-среду (OpenMPI), CUDA Toolkit, библиотеки для HPC.</p> <p>Владеть: навыками работы в среде Linux, использования контейнеризации (Docker/Singularity) для HPC.</p>	Администрирование информационных систем.
		<p>ПК-9.2</p> <p>Оценивает и подбирает аппаратные ресурсы для выполнения высокопроизводительных вычислений. </p>	<p>Знать: характеристики современных процессоров, GPU, сетевых технологий (InfiniBand).</p> <p>Уметь: оценивать требуемые вычислительные ресурсы (ядра, память, дисковое пространство) для задачи.</p> <p>Владеть: основами чтения и интерпретации спецификаций аппаратного обеспечения.</p>	Архитектура ЭВМ и систем.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)
«Высокопроизводительные вычисления»

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часа.

Форма обучения	Семестр	Общая трудоёмкость по дисциплине (ЗЕТ/ в часах)	Лекции, час	Практические занятия, час	Лаб. зан, час	СРС, час	Контр., час	Контроль
Очно	8	3/108	24	-	24	24	36	Экз.

4.2. Содержание дисциплины (модуля) «Высокопроизводительные вычисления»

№ п/п	Раздел дисциплины, тема лекции и вопросы	Энная форма				Заочная форма			
		ЛК	ПЗ	ЛБ	СР	ЛК	ПЗ	ЛБ	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Основы высокопроизводительных вычислений. Введение в HPC. Классификация Флинна. Обзор современных архитектур: многопроцессорные системы, кластеры, GPU, облачные HPC-сервисы.	2		2	2				4
2.	Метрики и законы оценки производительности. Ускорение, эффективность, масштабируемость. Закон Амдала, закон Густафсона.	2		2	2	2		2	4

4.	Распараллеливание циклов, управление областями видимости данных. Синхронизация (барьеры, критические секции, атомарные операции).	2		2	2				4
5.	Задачи (Tasks) в OpenMP. Оптимизация работы с памятью и кэшем. Параллельное программирование на распределенной памяти (MPI). Модель программирования MPI.	2		2	2	2		2	4
6.	Коммуникаторы, точечные операции передачи данных (send/recv). Коллективные операции (broadcast, scatter/gather, reduce). Групповые операции. Гибридное программирование (MPI + OpenMP).	2		2	2				4
7.	Принципы гибридного программирования. Стратегии распределения нагрузки. Практические аспекты отладки и профилирования гибридных приложений.	2		2	2				4
8.	Вычисления на графических процессорах (GPU). Архитектура GPU и модель программирования CUDA/OpenCL.	2		2	2	2		2	4
9.	Иерархия потоков, память GPU. Основы разработки CUDA-ядер. Оптимизация передачи данных между CPU и GPU.	2		2	2				4

10.	НРС для задач искусственного интеллекта. Распараллеливание алгоритмов машинного обучения (градиентный спуск, матричные вычисления). Обзор фреймворков для распределенного обучения нейронных сетей (Horovod, PyTorch DDP).	2		2	2				4
11.	Облачные НРС-платформы и экономические аспекты. Обзор публичных облачных платформ для НРС и ИИ (Yandex Cloud, AWS, Azure). Модели потребления и стоимости. Стратегии выбора между on-premise кластером и облачными инстансами (CPU/GPU) для исследовательских и промышленных задач.	2		2	2				4
12.	Оптимизация и профилирование НРС-приложений для ИИ. Инструменты профилирования (Intel VTune, Nsight Systems, scalasca). Анализ узких мест (bottlenecks) в параллельных приложениях. Практические кейсы оптимизации реальных задач: от профилирования до модификации кода и выбора оптимальной архитектуры.	2		2	2				4
13.	Форма текущего контроля успеваемости (по срокам текущих аттестаций в семестре)	Входная контр, работа; 1 аттестация 1-5 тема 2 аттестация 3-9 тема 3 аттестация 10-12 тема							
14.	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Экзамен 1 ЗЕТ (36 часов)				Экзамен			
15.	ИТОГО	24		24	24	6	-	6	48

4.3 Перечень и содержание лабораторных занятий.

№ п/п	№ разделов	Наименование лабораторных работ	Кол. ч
1.	2	Измерение производительности и анализ масштабируемости на многоядерном процессоре.	4
2.	2, 3	Параллелизация матричных операций с использованием OpenMP.	4
3.	4	Реализация численного интегрирования с OpenMP Tasks.	4
4.	5,6	Обмен сообщениями между процессами (MPI_Send/MPI_Recv).	4
5.	7	Реализация алгоритма сортировки с использованием коллективных операций MPI.	2
6.	8	Создание гибридного приложения (MPI+OpenMP) для решения задачи теплопроводности.	2
7.	9,10	Реализация простого CUDA-ядра для поэлементного сложения векторов.	2
8.	11,12	Оптимизация доступа к памяти в CUDA на примере умножения матриц.	2
Итого за семестр			24

5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины "Высокопроизводительные вычисления" при проведении аудиторных занятий используется образовательная технология, предусматривающая такие методы и формы изучения материала как лекция, лабораторное занятие, включающие активные и интерактивные формы занятий:

- Проведение лекции проблемного характера: тема 1.1. "Принципы построения численных методов поиска безусловного экстремума. Методы нулевого порядка»; тема 3.3. "Методы решения транспортных задач»".
- Проведение лабораторных занятий в интерактивной форме и публичная защита отчетов по лабораторным работам, работа в малых группах.

Занятия, проводимые в интерактивной форме, составляют 25 % от общего количества аудиторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся в с использованием специализированных пакетов.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации, помощь в написании и отладке программ и др.) и индивидуальную работу студента, выполняемую как дома, так и в компьютерном классе с выходом в Интернет.

При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы:

- работа с конспектом лекции и литературой;
- подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, разработка и отладка программ заданий по лабораторным работам;
- обработка результатов лабораторных работ и подготовка письменных отчетов;
- выполнение и оформление индивидуальных домашних заданий: изучение теоретического материала, разработка алгоритма решения задачи, разработка и отладка программ, вычислительный эксперимент с разработанной программой, оформление письменного отчета по индивидуальному заданию;
- поиск информации в Интернет и литературе;

- подготовка к сдаче лабораторных работ и индивидуальных заданий;
- подготовка к сдаче экзамена.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения. возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

В качестве других видов контактной работы запланированы консультации при подготовке и проведении текущей и промежуточной аттестации.

При организации самостоятельной работы студентов и, при необходимости, при проведении аудиторных занятий используются /могут быть использованы дистанционные образовательные технологии.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

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

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1-4	Введение в НРС. Архитектуры.	Изучение лекционного материала . Подготовка к ЛР: анализ архитектур суперкомпьютеров TOP500 Решение задач на закон Амдала/Густафсона Проработка примеров кода . Самостоятельное написание программы с использованием редукций и задач (Tasks) Подготовка к тестированию по теме . Изучение документации по коллективным операциям MPI . Разработка прототипа приложения для обмена данными между процессами . Анализ потенциальных deadlock-ситуаций	1,2,3,4	12

5-8	Программирование OpenMP	<p>Поиск и анализ исследований о производительности гибридных моделей.</p> <p>Оптимизация скрипта для запуска гибридного приложения . Подготовка презентации-отчета по ЛР (Установка и настройка CUDA Toolkit на тестовом стенде (виртуальная машина). Изучение модели памяти GPU и практические упражнения . Самостоятельная реализация и сравнение CPU vs GPU версии простого алгоритма</p> <p>Анализ статьи о распараллеливании обучения нейросетей . Самостоятельное исследование возможностей фреймворка Nougod на основе официальной документации</p> <p>Разработка технического предложения по решению вычислительной задачи ИИ с обоснованием выбора HPC-технологии</p>	1,2,3,4,5,6	20
9-12	Программирование MPI	<p>Изучение основ Docker: создание образа с окружением Python для научных вычислений</p> <p>Написание SLURM-скрипта для запуска задачи</p>	1,2,3,4,5,6	8

		с параметрами. Анализ преимуществ Singularity для HPC-кластеров .		
13-17	Гибридное программирование	Сравнительный анализ тарифов на GPU-инстансы в двух облачных провайдерах Расчет предполагаемой стоимости проекта для обучения модели в облаке . Конспектирование материалов по serverless HPC Профилирование предоставленного преподавателем последовательного кода с помощью простых инструментов (gprof) . Поиск и изучение tutorиала по использованию Nsight Systems/Intel VTune . Формулировка рекомендаций по оптимизации на основе отчетов профилировщика	1,2,3,4,5,6	8
	Итого			48

6.2 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Планируются следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к лабораторным и лекционным занятиям,
- выполнение индивидуального задания,
- оформление отчётов по лабораторным работам,
- подготовка к экзамену.

Подготовка к лабораторным занятиям проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, Интернет-ресурсов.

Задание к выполнению каждой лабораторной работы состоит из общей части, которая сформулирована в разделе «Задание к выполнению» и уточнения варианта, который приведен в разделе «Варианты заданий». Студент должен заранее ознакомиться со своим заданием и,

если у него возникают какие-либо вопросы относительно задания, поставить эти вопросы преподавателю до начала работы.

Отчёт к лабораторной работе должен содержать:

- Тему работы;
- Цель работы;
- Задание для выполнения, включая индивидуальное задание;
- Описание алгоритма программы (при необходимости, со схемой алгоритма);
- Описание переменных и структур данных, которые применяются в программе;
- Описание ключевых программных решений, принятых при реализации алгоритма в тексте программы;
- Текст программы;
- Результат работы программы;
- Выводы.

Подготовка к экзамену проводится посредством изучения курса лекций, изучения литературы, Интернет-ресурсов.

Студентам из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья могут быть предложены электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Текущий: проверка выполнения индивидуального задания на лабораторной работе	Разделы 1 – 2	ПК-4
2	Текущий: собеседование при защите лабораторных работ	Разделы 1 – 2	ПК-4
3	Итоговый: Экзамен	Разделы 1 – 2	ПК-4, ПК-9

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине «**Высокопроизводительные вычисления**».

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины " **Высокопроизводительные вычисления** "

а) основная литература:

1. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007.
2. Э. Таненбаум, М. ван Стеен. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2020.
3. Sanders, J., Kandrot, E. CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming. – Addison-Wesley, 2010.

Дополнительная литература:

1. Официальная документация OpenMP, MPI, CUDA.
2. Foster, I. Designing and Building Parallel Programs. – Addison-Wesley, 1995.

Программное обеспечение: Компиляторы с поддержкой OpenMP (gcc, Intel), библиотека

MPI (OpenMPI, MPICH), NVIDIA CUDA Toolkit, Python, Jupyter Notebook.

б) Интернет-ресурсы:

№ п/п	Адрес сайта	Описание материала, содержащегося на сайте
1.	http://www.io-sotech.com/ru/	Практическое применение задач оптимизации
2.	http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_1/index.php	А.Г. Трифонов. "Optimization Toolbox 2.2 Руководство пользователя "
3.	http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_7/index.php	Статьи, материалы по практическим приложениям
4.	http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2/index.php	А.Г. Трифонов. "Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения"
5.	http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_6/index.php	А.Г.Трифонов "Optimization Toolbox 3"
6.	http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_4/index.php	Список функций Optimization Toolbox

в) Программное обеспечение: Все лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах с использованием специализированных математических пакетов (MATLAB)

г) Другое материально-техническое обеспечение: Реализация программы учебной дисциплины требует наличия учебной компьютерной лаборатории.

Оборудование компьютерной лаборатории: посадочные места по количеству обучающихся; рабочее место преподавателя; маркерная доска; учебно-методическое обеспечение.

Технические средства обучения: компьютеры по количеству обучающихся; локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет; лицензионное системное и прикладное программное обеспечение; лицензионное антивирусное программное обеспечение; лицензионное специализированное программное обеспечение; медиа-проектор.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья по ходатайству заведующего кафедрой на отдельные ПЭВМ может устанавливаться индивидуальный набор программного обеспечения.

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год
и регистрации изменений**

Учебный год	Решение ка- федры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой