

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт вычислительной математики и информационных технологий



подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины
Параллельное и распределенное программирование

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, д.н. Задворнов О.А. (кафедра прикладной математики и искусственного интеллекта, отделение прикладной математики и информатики), Oleg.Zadvornov@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Способен управлять работами по сопровождению и проектами создания (модификации) информационных систем, автоматизирующих задачи организационного управления и бизнес-процессы
ПК-6	Способен управлять работами системных аналитиков в проекте или в процессе проектирования, создания, развития, поддержки программного обеспечения различных архитектуры и назначения

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- возможные ошибки в параллельных программах,
- способы верификации параллельных программ.
- классификацию компьютеров параллельного действия,
- способы программирования для параллельных компьютерных архитектур,
- способы проектирования программ в зависимости от вида параллельной архитектуры.

Должен уметь:

- находить и устранять ошибки, которые возникают или теоретически могут возникнуть при работе параллельной программы.
- проектировать параллельное программное обеспечение для многопроцессорных и многомашинных систем.

Должен владеть:

- навыками анализа параллельных программ на возможность появления распространенных ошибок (взаимоблокировки, состояния гонки),
- навыками устранения выявленных ошибок;
- навыками выбора подходящего инструмента программирования для параллельных компьютерных архитектур,
- навыками проектирования программного обеспечения для многопроцессорной и мультимашинной системы.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- ориентироваться в различных классификациях многопроцессорных вычислительных систем;
- ориентироваться в средствах и библиотеках параллельного программирования, иметь практические навыки работы с некоторыми из них.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии (Машинное обучение и компьютерное зрение)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 36 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 144 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Классификация параллельных вычислительных систем и алгоритмов.	3	0	0	0	0	4	0	16
2.	Тема 2. Прimitives синхронизации многопоточных программ.	3	0	0	0	0	4	0	24
3.	Тема 3. Технология программирования OpenMP	3	0	0	0	0	8	0	26
4.	Тема 4. Организация неблокирующего ввода/вывода сетевой подсистемы различных операционных систем.	3	0	0	0	0	8	0	26
5.	Тема 5. Технология программирования MPI	3	0	0	0	0	4	0	26
6.	Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования	3	0	0	0	0	8	0	26
	Итого		0	0	0	0	36	0	144

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Классификация параллельных вычислительных систем и алгоритмов.

Классификация Флинна. Классификация по организации памяти.

Графы информационных зависимостей. Концепция неограниченного параллелизма. Крупноблочное распараллеливание. Низкоуровневое распараллеливание. Оценка эффективности параллельных вычислений.

Разбор типовых примеров параллельных алгоритмы для решения задач линейной алгебры.

Тема 2. Прimitives синхронизации многопоточных программ.

Семафор, мьютекс, условная переменная. Их реализации в современных языках программирования и операционных системах.

Барьерная синхронизация. Варианты реализации барьерной синхронизации в многопоточных и распределенных системах. Критерии оптимальности реализации барьерной синхронизации для вычислительных систем разного типа.

Тема 3. Технология программирования OpenMP

Модель памяти. Модель исполнения. Основные конструкции, работа с переменными, распараллеливание циклов, параллельные секции, критические секции, атомарные операции, операции синхронизации. Решение задач по созданию параллельных программ с помощью технологии OpenMP. Разбор особенностей этой технологии. Сравнение с моделью многопоточности в стандартной библиотеке C++14.

Тема 4. Организация неблокирующего ввода/вывода сетевой подсистемы различных операционных систем.

Организация взаимодействия сетевой карты, драйвера, операционной системы и пользовательского процесса при работе с сетью. Синхронный ввод-вывод. Асинхронный ввод-вывод. Неблокирующий ввод-вывод. Синхронная и асинхронная реализации неблокирующего ввода-вывода. Понятие сопрограммы и функций обратного вызова. Их реализация в различных языках программирования.

Тема 5. Технология программирования MPI

Общие функции, функции приема/передачи сообщений между процессами. Функции коллективного взаимодействия процессов, создания пользовательских операций, работа с группами процессов. Пересылка разнотипных данных, производные типы данных, упаковка данных. Решение задач по созданию параллельных программ с помощью технологии MPI. Разбор

особенностей этой технологии.

Тема 6. Гибридная модель параллельного программирования

Совместное использование технологий программирования MPI и OpenMP. Решение задач с привлечением обеих технологий. Разбор особенностей совместного использования.

Сравнение производительности OpenMP и MPI программ на одном многоядерном вычислительном узле. Intel Cluster OpenMP. Гибридная модель распределенной вычислительной системы с использованием GPU.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Интернет-портал образовательных ресурсов по ИТ - <http://www.intuit.ru>

Интернет-портал с научными ресурсами по математическим наукам - <http://www.mathnet.ru/>

Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

Научная электронная библиотека КиберЛенинка - <https://cyberleninka.ru/>

Цифровой образовательный ресурс "Многопоточное программирование на C/C++" - <https://stepik.org/course/149>

Цифровой образовательный ресурс "Суперкомпьютеры и параллельная обработка данных", МГУ им. М.В.Ломоносова - <https://openedu.ru/course/msu/PARPROG/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	При подготовке к лабораторной работе необходимо: <ul style="list-style-type: none">- четко представлять себе цель работы и используемые методы;- внимательно прочитать материал относящихся к данному заданию, ознакомиться с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;- заранее составить план работы и четко ему следовать;- составить отчет о проделанной работе
самостоятельная работа	<ul style="list-style-type: none">- внимательно прочитайте материал лекций относящихся к данному занятию, ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям;- выпишите основные термины;- ответьте на контрольные вопросы, готовьтесь дать развернутый ответ на каждый из вопросов;- уясните, какие учебные элементы остались для вас неясными и постарайтесь получить на них ответ заранее во время текущих консультаций преподавателя;- рабочая программа дисциплины в части целей, перечню знаний, умений, терминов и учебных вопросов может быть использована вами в качестве ориентира в организации обучения.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет	<p>К зачету необходимо готовиться целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытки освоить дисциплину в период зачётно-экзаменационной сессии, как правило, показывают не слишком удовлетворительные результаты. В самом начале учебного курса необходимо познакомиться со следующей учебно-методической документацией:</p> <ul style="list-style-type: none"> - программой дисциплины; - перечнем знаний и умений, которыми студент должен владеть; - тематическими планами лекций; - контрольными мероприятиями; - учебными пособиями по дисциплине, а также электронными ресурсами; - перечнем вопросов на зачет. <p>После этого должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине. Систематическое выполнение учебной работы на лекциях, самостоятельных и практических занятиях позволит успешно освоить дисциплину и создать хорошую базу для сдачи зачета.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;

- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 02.04.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и магистерской программе "Машинное обучение и компьютерное зрение".

Приложение 2
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.01 Параллельное и распределенное программирование

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Кузнецов, А. С. Теория вычислительных процессов: учебник / А. С. Кузнецов, Р. Ю. Царев, А. Н. Князьков. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2015. - 184 с. - ISBN 978-5-7638-3193-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/549796> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы : практическое пособие / И. Е. Федотов. - Москва : СОЛОН-Пресс, 2020. - 390 с. - (Серия 'Библиотека профессионала'). - ISBN 978-5-91359-222-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1858781> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Карепова, Е. Д. Основы многопоточного и параллельного программирования: учебное пособие / Карепова Е.Д. - Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2016. - 356 с. - ISBN 978-5-7638-3385-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/966962> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
4. Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 345 с. - ISBN 978-5-00101-758-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/135516> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Максимов, Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2024. - 511 с. - (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-511-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/2083334> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
2. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах: учебное пособие / Некрасов К.А., Поташников С.И., Боярченков А.С., - 2-е изд., стер. - Москва: Флинта, Издательство Уральского университета, 2017. - 102 с. - ISBN 978-5-9765-3182-6. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/949717> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
3. Афанасьев, К. Е. Основы высокопроизводительных вычислений. - Т. III: Параллельные вычислительные алгоритмы : учебное пособие / К. Е. Афанасьев, И. В. Григорьева, Т. С. Рейн. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - 185 с. - ISBN 978-5-8353-1546-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/44308> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Стуколов, С. В. Параллельное программирование. Практикум : учебное пособие / С. В. Стуколов. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2020. - 273 с. - ISBN 978-5-8353-2723-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/173547> (дата обращения: 10.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Приложение 3
к рабочей программе дисциплины (модуля)
Б1.В.ДВ.04.01 Параллельное и распределенное программирование

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 02.04.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Машинное обучение и компьютерное зрение

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.