

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич
Должность: Директор
Дата подписания: 04.09.2023 11:28:39
Уникальный программный ключ:
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет Математики и информационных технологий
Кафедра Математического моделирования

Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина ***Б1.О.19 Высокопроизводительные вычисления***

обязательная часть

Направление

01.03.02 ***Прикладная математика и информатика***
код наименование направления

Программа

Искусственный интеллект и анализ данных

Форма обучения

Очная

Для поступивших на обучение в
2023 г.

Разработчик (составитель)
к.ф.-м.н, доцент
Викторов С. В.
ученая степень, должность, ФИО

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций	3
2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся	4
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	5
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)	5
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	8
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)	10
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	10
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем	11
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства	12
7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)	12

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ОПК-2. Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач	ОПК-2.1. Знание приемов написания и анализа алгоритмов и компьютерных программ	Обучающийся должен: знать основные понятия и способы построения параллельных алгоритмов и программ для решения прикладных задач; принципы построения, организации, архитектуры и структуры вычислительных систем параллельной обработки данных
	ОПК-2.2. Способность анализировать и конструировать конкретные алгоритмы на языке высокого уровня для решения разнообразных математических задач на компьютере	Обучающийся должен: уметь строить и программно реализовывать алгоритмы параллельного вычисления для получения, хранения, переработки информации при решении прикладных задач; проводить обоснованный выбор высокопроизводительных компьютерных систем параллельной обработки данных
	ОПК-2.3. Знание парадигм структурного, процедурно-модульного и объектно-ориентированного программирования на языке высокого уровня	Обучающийся должен: владеть парадигмами структурного, процедурно-модульного и объектно-ориентированного программирования параллельных алгоритмов; навыками работы с программными средствами высокого уровня для параллельной обработки данных
ОПК-3. Способен применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1. Знание математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности	Обучающийся должен: знать способы, методы применения и модифицирования математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности; постановку математической задачи, возможные параллельные алгоритмы решения, оптимальные критерии эффективности при построении или модификации математической модели
	ОПК-3.2. Умение применять и модифицировать математические модели	Обучающийся должен: уметь применять и модифицировать математические модели для решения задач в области

	для решения задач в области профессиональной деятельности	профессиональной деятельности; анализировать предметную область, выделять основные объекты и их основные свойства, моделировать взаимосвязь между ними для решения профессиональных задач; решать типовые и нетиповые задачи, выполнить анализ поставленной задачи, построить математическую модель, разработать возможный параллельный алгоритм решения
	ОПК-3.3. Владение навыками построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности	Обучающийся должен: владеть навыками построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности; способностью использовать различные методы анализа построенных математических, информационных и имитационных моделей

2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Цели изучения дисциплины:

1. Научиться проводить обоснованный выбор компьютерных систем параллельной обработки данных;
2. Овладеть навыками работы с программными средствами параллельной обработки данных;
3. Освоить технологии применения программного обеспечения для высокопроизводительных вычислений с использованием различных библиотек, языков и сред. Дисциплина «Высокопроизводительные вычисления» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре

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

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 зач. ед., 108 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	16
практических (семинарских)	16
лабораторных	16

другие формы контактной работы (ФКР)	0,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	
зачет	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	59,8

Формы контроля	Семестры
зачет	7

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

4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
1	Архитектура параллельных вычислительных систем	4	4	2	10
1.1	Классификация компьютерных систем	2	2	0	5
1.2	Модели вычислительных процессов и систем	2	2	2	5
2	Среда параллельного программирования MPI	12	12	14	49,8
2.1	Общая организация MPI	2	2	2	10
2.2	Функции библиотеки MPI	4	4	8	10
2.3	Производные типы данных и передача упакованных данных	2	2	2	10
2.4	Работа с группами и коммутаторами. Топология процессов	4	4	2	19,8
	Итого	16	16	16	59,8

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Архитектура параллельных вычислительных систем	
1.1	Классификация компьютерных систем	Детализация архитектур по достижимой степени параллелизма. Векторно-конвейерные компьютеры. Вычислительные системы с распределенной памятью (мультимпьютеры). Параллельные компьютеры с общей памятью (мультипроцессоры). Кластеры. Концепция GRID и метакомпьютинг.

1.2	Модели вычислительных процессов и систем	Понятие графа алгоритма и его свойства. Проблема отображения. Модели сетей передачи данных между процессорами. Модели параллельных вычислений. Представление алгоритма в виде диаграммы расписания. Сети Петри.
2	Среда параллельного программирования MPI	
2.1	Общая организация MPI	Обзор популярных компиляторов и инструментальных сред разработки MPI-программ. Подключение заголовочных файлов и библиотек MPI. Компиляция и запуск параллельной программы.
2.2	Функции библиотеки MPI	Базовые функции MPI. Коммуникационные операции типа точка-точка. Блокирующие коммуникационные операции. Неблокирующие коммуникационные операции. Коллективные операции. Глобальные вычислительные операции над распределенными данными.
2.3	Производные типы данных и передача упакованных данных	Производные типы данных. Передача упакованных данных коммуникационному каналу связи межпроцессорного взаимодействия.
2.4	Работа с группами и коммутаторами. Топология процессов	Определение основных понятий. Функции работы с группами. Функции работы с коммутаторами.

Курс лабораторных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Архитектура параллельных вычислительных систем	
1.2	Модели вычислительных процессов и систем	Построение моделей вычислительных процессов на основе графового подхода. Параллельные алгоритмы на графах и их свойства. Модели сетей межпроцессорного взаимодействия. Представление алгоритма в виде диаграммы расписания. Сети Петри. Модели параллельных вычислений.
2	Среда параллельного программирования MPI	
2.1	Общая организация MPI	Инструментальные среды разработки MPI-программ. Подключение библиотеки MPICH. Этапы компиляции и запуска параллельной программы. Утилиты формирования и настройки кластера на базе ОС Windows. Передача параметров ПВС при запуске программы.
2.2	Функции библиотеки MPI	Работа с базовыми функциями библиотеки MPICH для инициализации и завершения параллельной части программы. Синтаксис функций типа «точка-точка»: MPI_Send, MPI_Recv. Режимы выполнения коммуникационных операций (блокирующий,

		неблокирующий). Функции, реализующие коллективные операции межпроцессорного взаимодействия. Глобальные вычислительные операции над распределенными данными.
2.3	Производные типы данных и передача упакованных данных	Работа с массивами данных. Передача массива данных по коммуникационному каналу связи межпроцессорного взаимодействия. Функции для формирования упакованных данных. Процесс передачи упакованных данных.
2.4	Работа с группами и коммутаторами. Топология процессов	Определение основных понятий. Функции работы с группами. Функции работы с коммутаторами. Глобальный коммутатор MPI_COMM_WORLD.

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1	Архитектура параллельных вычислительных систем	
1.1	Классификация компьютерных систем	Обзор классификаций архитектур. Классификация по организации оперативной памяти. Организация вычислительных кластерных параллельно вычислительных систем.
1.2	Модели вычислительных процессов и систем	Способы построения параллельных алгоритмов. Модели вычислительных процессов на основе графового подхода, сетей межпроцессорного взаимодействия. Представление алгоритма в виде диаграммы расписания.
2	Среда параллельного программирования MPI	
2.1	Общая организация MPI	Применение инструментальных сред разработки MPI программ на основе библиотеки MPICH. Компиляция, запуск и отладка параллельной программы. Формирование и настройка вычислительного кластера с помощью утилит, входящих в состав MPICH на базе ОС Windows.
2.2	Функции библиотеки MPI	Базовые функции библиотеки MPICH. Передача параметров при вызове коммуникационных функций. Режимы выполнения коммуникационных операций (блокирующий, неблокирующий). Функции, реализующие коллективные операции межпроцессорного взаимодействия. Глобальные вычислительные операции над распределенными данными. Структурное разделение последовательной и параллельной частей программы.
2.3	Производные типы данных и передача упакованных данных	Массивы данных. Формирование и передача массива данных по коммуникационному каналу связи межпроцессорного взаимодействия. Форматы упакованных данных. Передача упакованных данных.
2.4	Работа с группами и коммутаторами. Топология процессов	Основные функции работы с группами процессов. Формирование коммутаторов. Пользовательские и глобальный коммутатор.

№ п/п	Тема и содержание	Задания по самостоятельной работе студентов
------------------	--------------------------	--

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

		СР	
1	2	6	8
1.	Модуль 1. Архитектура параллельных вычислительных систем	10	
1.1.	Классификация компьютерных систем.	5	подготовка к индивидуальному опросу;
1.2.	Модели вычислительных процессов и систем.	5	подготовка к индивидуальному опросу; подготовка к лабораторным работам; подготовка к контрольной работе;
2.	Модуль 2. Среда параллельного программирования MPI	49,8	
2.1.	Общая организация MPI.	10	подготовка к индивидуальному опросу; подготовка к лабораторным работам;
2.2.	Функции библиотеки MPI.	10	подготовка к индивидуальному опросу; подготовка к лабораторным работам;
2.3.	Производные типы данных и передача упакованных данных.	10	подготовка к индивидуальному опросу; подготовка к лабораторным работам; подготовка к тестированию;
2.4.	Работа с группами и коммутаторами. Топология процессов.	19,8	подготовка к индивидуальному опросу; подготовка к лабораторным работам;
	Всего часов:	59,8	

Внеаудиторными формами и инструментами самостоятельной работы студентов по дисциплине являются: работа с конспектом лекций, изучение дополнительного теоретического материала, подготовка к занятиям, тестированию/контрольной работе и пр.

Наименование тем на самостоятельное изучение:

1. Программирование виртуальных топологий (звезда, дерево и др.) в среде MPI.
2. Программирование передачи данных между процессами разных коммутаторов
3. Современное состояние и перспективы дальнейшего развития языков параллельного программирования.
4. Технология программирования графических процессоров на архитектуре CUDA.
5. Использование Corba, DCOM для создания параллельных программ.

Рекомендуемая учебно-методическая литература:

1. Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие : [16+] / К. Ю. Богачёв. – 4-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 345 с. : ил., табл., схем. – (Математика). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=214157> (дата обращения: 20.06.2021)

2. Федотов, И. Е. Модели параллельного программирования : практическое пособие / И. Е. Федотов. – Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – 384 с. – (Библиотека профессионала). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227018> (дата обращения: 20.06.2021).

3. Сандерс, Д. Технология CUDA в примерах: введение в программирование графических процессоров / Д. Сандерс, Э. Кэндрот ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2011. – 232 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232133> (дата обращения: 20.06.2021)

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Основная учебная литература:

1. Антонов, А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI : курс / А.С. Антонов. - Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2008. - 71 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233577>. (дата обращения 20.06.2023)
2. Савельев, В.А. Распараллеливание программ : учебник / В.А. Савельев, Б.Я. Штейнберг ; Федеральное агентство по образованию Российской Федерации, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Южный федеральный университет". - Ростов : Издательство Южного федерального университета, 2008. - 192 с. - библиогр. с: С. 190-191. - ISBN 978-5-9275-0547-0 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240965>. (дата обращения 20.06.2023)
3. Алексеев, А.А. Основы параллельного программирования с использованием Visual Studio 2010 / А.А. Алексеев. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 332 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428829>. (дата обращения 20.06.2023)

Дополнительная учебная литература:

1. Немнюгин, С.А. Введение в программирование на кластерах / С.А. Немнюгин. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 247 с. : схем., ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429082>. (дата обращения 20.06.2023)
2. Основы высокопроизводительных вычислений : учебное пособие / К.Е. Афанасьев, С.В. Стуколов, В.В. Малышенко и др. - Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2012. - Т. 2. Технологии параллельного программирования. - 412 с. - ISBN 978-5-8353-1246-7 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232204>. (дата обращения 20.06.2023)
3. Intel Parallel Programming Professional (Introduction) / В.П. Гергель, В.В. Воеводин, А.В. Сысоев и др. - 2-е изд., испр. - Москва : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. - 569 с. : ил., граф., схем. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429006>. (дата обращения 20.06.2023)

6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» № 3/22-эбс от 05.07.2022
2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/22-эбс от 04.03.2022
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № 223-950 от 05.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-948 от 05.09.2022
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-949 от 05.09.2022
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 5 от 05.09.2022
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ № 223-796 от 27.07.2022
9	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019
10	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между УУНиТ в лице директора СФ УУНиТ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/23-эбс от 03.03.2023

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	http://www.parallel.ru/	Лаборатория Параллельных информационных технологий
2	https://www.intuit.ru/studies/courses/1156/190/info	Электронный курс «Теория и практика параллельных

		вычислений» интернет-портала образовательных ресурсов НОУ ИНТУИТ
--	--	--

6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование программного обеспечения
Windows 10 Professional, MicrosoftImagine
Office Standart 2007 Russian OpenLicensePackNoLevelAcdmс

7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Тип учебной аудитории	Оснащенность учебной аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	Доска, учебная мебель, проектор, экран, учебно-наглядные пособия.
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	Доска, учебная мебель.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	Доска, учебная мебель, проектор, экран, учебнонаглядные пособия.
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория курсового проектирования (выполнения курсовых	Доска, учебная мебель, проектор, экран, компьютеры, учебно-наглядные пособия.

работ)	
--------	--