

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

Ми
«10.09.2022» С.Т. Князев



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1161155	Параллельные и распределенные вычисления

Екатеринбург

2022

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа Алгоритмы искусственного интеллекта	Код ОП 09.03.01
Направление подготовки Информатика и вычислительная техника	Код направления и уровня подготовки 09.03.01

Области образования, в рамках которых реализуется модуль образовательной программы по СУОС УрФУ :

№ п/п	Перечень областей образования, для которых разработан СУОС УрФУ	Уровень подготовки
1.	Инженерное дело, технологии и технические науки	бакалавриат

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Суханов Владимир Иванович	доктор технических наук, доцент	профессор	ЦУО ИРИТ-РТФ

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Параллельные и распределенные вычисления

1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль “Параллельные и распределенные вычисления” позволяет специализироваться на разработке средств организации параллельных вычислений для ускорения обработки массовых данных и формирует у студента знание средств повышения скорости выполнения приложений за счет использования параллельной обработки больших объёмов данных. Рассматривается классификация уровней распараллеливания алгоритмов решения задач, программные средства организации параллельной обработки, управление параллельными вычислениями, языки и операторы для параллельной обработки больших наборов данных.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Параллельные и распределенные вычисления	3
ИТОГО по модулю:		3

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения
1	2	3	4
Параллельные и распределенные вычисления	ПК-2. Способен разрабатывать и тестировать программные компоненты решения задач в системах	ПК-2.1. Разрабатывает приложения систем искусственного интеллекта	ПК-2.1. 3-1. Знает современные языки программирования, библиотеки и программные платформы для функционального, логического, объектно-ориентированного программирования приложений систем искусственного интеллекта (Python, R, C++, CC)

	искусственног о интеллекта		ПК-2.1. У-1. Умеет разрабатывать программные приложения систем искусственного интеллекта, с использованием современных языков программирования, библиотек и программных платформ функционального, логического, объектно-ориентированного программирования (Python, R, C++, Cd)
--	-------------------------------	--	--

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной форме.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Параллельные и распределенные
вычисления

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Суханов Владимир Иванович	дтн, доцент	профессор	ЦУО

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - o Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
1	Введение	Архитектуры параллельных вычислительных систем. Параллельные вычислительные системы с общей памятью (SMP). Параллельные вычислительные системы с распределенной памятью (MPP). Перспективные архитектуры параллельных вычислений. Графические ускорители вычислений. Основы параллельных алгоритмов. Понятие потока и процесса. Организация параллельных вычислений. Ускорение и масштабируемость параллельных алгоритмов.
2	Параллельные вычисления для систем с общей памятью	Многопоточные вычисления. Недетерминированность выполнения параллельной программы. Синхронизация в многопоточных вычислениях. Технология OpenMP.
3	Параллельные вычисления для систем с распределенной памятью	Распределенная параллельная обработка данных. Технология MPI.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
---	---------------------------------	--	-------------	---------------------

Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	<p>Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности</p> <p>Технология самостоятельной работы</p>	<p>ПК-2. Способен разрабатывать и тестировать программные компоненты решения задач в системах искусственного интеллекта</p>	<p>ПК-2.1. Умеет разрабатывать приложения систем искусственного интеллекта, с использованием современных языков программирования, библиотек и программных платформ функционального, логического, объектно-ориентированного программирования (Python, R, C++, Cd)</p> <p>У-1.</p>
-----------------------------	---------------------------------	---	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

● 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельные и распределенные вычисления

Электронные ресурсы (издания)

1. Биллиг, В. А.; Параллельные вычисления и многопоточное программирование; Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», Москва; 2016; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428948> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Воеводин, В. В., Воеводин, В. В.; Параллельные вычисления : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика".; БХВ-Петербург, Санкт-Петербург; 2002 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

ЭБС "Лань" Издательство "Лань"

eLibrary ООО Научная электронная библиотека

InCites Web of Science

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека УрФУ. – Режим доступа: lib.urfu.ru

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ. – Режим доступа: <http://www.study.urfu.ru>

Свободная энциклопедия «Википедия». – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>

Параллельное программирование <https://elearn.urfu.ru/course/view.php?id=3332>

• 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Параллельные и распределенные вычисления

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лабораторные занятия	Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Matlab+Simulink Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Лекции	Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Microsoft Windows 8.1 Pro 64-bit RUS OLP NL Acdmc Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Параллельные и распределенные вычисления

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Суханов Владимир Иванович	дтн, доцент	профессор	ЦУО

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Параллельные и распределенные вычисления

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Домашняя работа	2

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Параллельные и распределенные вычисления

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1.1

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
2	3	4	3
ПК-2. Способен разрабатывать и тестировать программные компоненты решения задач в системах искусственного интеллекта	ПК-2.1. Разрабатывает приложения систем искусственного интеллекта	ПК-2.1. 3-1. Знает современные языки программирования, библиотеки и программные платформы для функционального, логического, объектно-ориентированного программирования приложений систем искусственного интеллекта (Python, R, C++, C#) ПК-2.1. У-1. Умеет разрабатывать программные приложения систем искусственного интеллекта, с использованием современных языков программирования, библиотек и программных платформ функционального, логического, объектно-ориентированного программирования (Python, R, C++, Cd)	Лабораторные работы Лекции Домашняя работа №1 Домашняя работа №2 Экзамен

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Домашняя работа №1</i>	7, 8	50
<i>Домашняя работа №2</i>	7, 16	50
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.5		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	7,1-16	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта – не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта – защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Лабораторные занятия

- Многопоточное программирование.
- Недетерминированность выполнения многопоточных программ. Условия гонок.
- Синхронизация в многопоточных программах.
- Взаимоблокировки в многопоточных программах.
- Распараллеливание программы с помощью технологии OpenMP.
- Редукция в программах OpenMP.
- Исследование производительности программ OpenMP.
- Массивно-параллельные вычисления с помощью технологии MPI.
- Организация эффективных коммуникаций в программах MPI.
- Исследование производительности программ MPI.

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Домашняя работа №1

Обедающие философы.

Задачу об обедающих философах сформулировал Дейкстра в 1965 году для иллюстрации проблем, связанных с синхронизацией в параллельных алгоритмах. Дейкстра использовал эту задачу в качестве экзамена для своих студентов.

Классическая формулировка задачи выглядит следующим образом (https://ru.wikipedia.org/wiki/Задача_об_обедающих_философах):

- Пять безмолвных философов сидят вокруг круглого стола, перед каждым философом стоит тарелка спагетти. Вилки лежат на столе между каждой парой ближайших философов.
- Каждый философ может либо есть, либо размышлять. Прием пищи не ограничен количеством оставшихся спагетти — подразумевается бесконечный запас. Тем не менее, философ может есть только тогда, когда держит две вилки — взятую справа и слева.
- Каждый философ может взять ближайшую вилку (если она доступна) или положить — если он уже держит её. Взятие каждой вилки и возвращение её на стол являются отдельными действиями, которые должны выполняться одно за другим.

Необходимо реализовать описанную модель обедающих философов в виде многопоточной программы, в которой каждый философ представлен отдельным потоком. Количество философов (потоков) в программе задается в виде параметра в командной строке.

Требования к реализации программы:

- Избежать взаимоблокировок (deadlock)
- Избежать голодания (livelock)
- Обеспечить равномерное «питание» всех философов
- Обеспечить масштабирование: количество приемов пищи не должно быстро падать при увеличении количества философов.

5.2.2. Домашняя работа №2

Реализовать с помощью OpenMP параллельную версию программы для выполнения операции свертки изображения. Ядро свертки должно задаваться в конфигурационном файле.

Необходимо протестировать производительность работы программы на разном количестве процессорных ядер, как минимум от 1 до 4 ядер и больше, если соответствующее количество ядер доступно. По результатам тестирования производительности необходимо построить график ускорения работы программы в зависимости от количества использованных процессорных ядер.

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

1. Архитектура параллельных вычислительных систем с общей памятью (SMP).
2. Архитектура параллельных вычислительных систем с распределенной памятью (MPP).
3. Архитектура графических ускорителей вычислений.
4. Потоки и процессы в операционной системе. Организация параллельного выполнения программы.
5. Характеристики параллельной программы: ускорение, масштабирование.
6. Организация многопоточного выполнения программы на языках C++ или Java.
7. Недетерминированное выполнение многопоточной программы.
8. Условия гонок (race conditions).
9. Синхронизация в многопоточной программе.

10. Взаимоблокировки в многопоточной программе.
11. Организация борьбы с взаимоблокировками в многопоточной программе.
12. Параллельные вычисления для систем с общей памятью с использованием технологии OpenMP.
13. Организация параллельной программы с использованием OpenMP.
14. Директивы OpenMP.
15. Редукция в OpenMP.
16. Планировщики в OpenMP.
17. Параллельные вычисления для систем с распределенной памятью с использованием MPI.
18. Модель программирования MPI.
19. Организация параллельной программы с использованием MPI.
20. Запуск параллельных программ, использующих MPI.
21. Функции передачи сообщений точка-точка в MPI.
22. Коллективные функции передачи сообщений в MPI.
23. Процесс передачи сообщений MPI.
24. Блокирующие вызовы в MPI.
25. Неблокирующие вызовы в MPI.