

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной и научной работе

Дата подписания: 28.08.2023 14:45:54

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Параллельные и распределенные вычисления

Закреплена за подразделением

Кафедра инфокоммуникационных технологий

Направление подготовки

09.03.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Профиль

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 6

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

57

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Лабораторные	17	17	17	17
Практические	17	17	17	17
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	57	57	57	57
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):  
*ст.преп., Сенченко Р.В.*

Рабочая программа

**Параллельные и распределенные вычисления**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 09.03.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

09.03.02 Информационные системы и технологии, 09.03.02-БИСТ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

09.03.02 Информационные системы и технологии, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра инфокоммуникационных технологий**

Протокол от 12.04.2023 г., №8

Руководитель подразделения Кузнецова Ксения Александровна

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Цель освоения дисциплины – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также изучение обучающимися современных достижений в области современных принципов построения параллельных высокопроизводительных вычислительных систем
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.04
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Цифровые интерфейсы	
2.1.2	Язык программирования Python	
2.1.3	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
2.1.4	Web разработка	
2.1.5	Разработка приложений в среде Unity	
2.1.6	Технологии embedded систем	
2.1.7	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Верификация и валидация ПО	
2.2.2	Инструменты DevOps	
2.2.3	Методы искусственного интеллекта	
2.2.4	Моделирование информационных процессов и систем	
2.2.5	Надежность и качество информационных систем	
2.2.6	Промышленный интернет вещей Iiот	
2.2.7	Инфокоммуникационные системы и сети	
2.2.8	Разработка мобильных приложений	
2.2.9	Нормы и правила оформления НИР и ВКР	
2.2.10	Проектирование информационных систем	
2.2.11	Системы обработки и хранения данных	
2.2.12	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.13	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.14	Программно-аппаратные платформы корпоративных информационных систем	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-1: Способность создавать (модифицировать) и сопровождать информационные системы и инфокоммуникационные технологии цифровой экономики</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-1-31 базовые принципы построения параллельных вычислительных систем	
<b>Уметь:</b>	
ПК-1-У1 разрабатывать эффективные версии параллельных алгоритмов для решения типовых задач	
<b>Владеть:</b>	
ПК-1-В1 навыками их эффективного применения для решения научно-технических и прикладных задач	

**4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ**

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Основы параллельных вычислений</b>							
1.1	Concurrency и многопоточное программирование /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л1.1			

1.2	Области применения и проблематика параллельных вычислений. Современные параллельные вычислительные системы. Классификация Флинна. Системы с общей разделяемой памятью. /Лек/	6	2	ПК-1-31	Э1			
1.3	Симметричные мультипроцессоры (SMP). Неоднородный доступ к памяти (NUMA). Системы с распределенной памятью. Массивно-параллельные системы (MPP). /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л2.1			
1.4	Вычислительные кластеры. Распределенные вычислительные системы. Гибридные системы. Ускорители и сопроцессоры /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л3.2			
1.5	Способы реализации одновременных систем, процессы и потоки, программный инструментарий /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Л1.2 Э2			P1
1.6	Модель памяти и низкоуровневые примитивы синхронизации /Пр/	6	2	ПК-1-У1				P1
1.7	Условная синхронизация /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Л1.1			
1.8	Основы многопоточного программирования на языке C++ /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л3.1 Э3			
1.9	Альтернативные подходы к реализации одновременных программ /Лаб/	6	1	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л3.5			P2
1.10	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	6	10	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л2.1 Л1.1 Э4 Э5			
	<b>Раздел 2. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ</b>							
2.1	Основы параллельного программирования на системах с общей памятью на примере технологии OpenMP /Лек/	6	2	ПК-1-31				
2.2	Типовые структуры параллельных алгоритмов (параллелизм по заданиям, разделяй и властвуй, геометрическая декомпозиция, рекурсивные данные, конвейерная обработка, координация на основе событий) /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л1.1			
2.3	Основы параллельного программирования на системах с распределенной памятью на примере технологии MPI /Лек/	6	2	ПК-1-31				

2.4	Введение в параллельное программирование на графических процессорах (GPU) /Лек/	6	1	ПК-1-31				
2.5	Области применения и проблематика параллельных вычислений /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Л1.2Л2.1 Л3.5		КМ1	
2.6	Классификация Флинна /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Э4			Р1
2.7	Принципы разработки параллельных алгоритмов /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Л2.1			
2.8	Учёт взаимодействий между подзадачами. Масштабирование подзадач /Пр/	6	1	ПК-1-У1				Р1
2.9	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	6	20	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Э5			Р3
	<b>Раздел 3. Распределенные системы и технологии распределенных вычислений</b>							
3.1	Области применения, характерные особенности и виды распределенных систем. Проблемы построения распределенных систем /Лек/	6	2	ПК-1-31	Л1.1 Л3.5Л3.2			
3.2	Архитектурные элементы распределенных систем. /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Э4		КМ2	
3.3	Клиент-серверные и peer-to-peer системы. Централизованные и децентрализованные системы /Пр/	6	2	ПК-1-У1	Л2.1			Р1
3.4	Сетевые протоколы UDP и TCP /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1				
3.5	Реализация распределенных приложений с использованием сетевых сокетов /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1				Р2
3.6	Технологии распределенного программирования, промежуточное программное обеспечение (middleware) /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л3.5 Э5			Р2
3.7	Удаленный вызов процедур, распределенные объекты, веб-сервисы, рассылка сообщений /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1				Р2
3.8	Реализация распределенных приложений на языке Python с использованием библиотеки Pyro /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Э1			Р2
3.9	Практические реализации, система Apache Zookeeper, алгоритм Raft /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1				Р2

3.10	Принципы распределенной реализации MapReduce на кластерных системах /Лаб/	6	2	ПК-1-У1 ПК-1-В1	ЭЗ			Р2
3.11	Подготовка к практическим и лабораторным занятиям /Ср/	6	27	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1			Р3

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1	ПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Охарактеризовать парадигмы параллельного программирования, основанные на параллелизме данных и на параллелизме задач.</li> <li>2. Описать этапы разработки параллельных программ в схеме Фостера.</li> <li>3. Какие существуют низкоуровневые и высокоуровневые средства параллельного программирования?</li> <li>4. Описать целевую архитектуру ЭВМ для MPI-программ.</li> <li>5. Описать схему передачи сообщений.</li> <li>6. Что такое двухточечные обмены? Какие существуют виды двухточечных обменов?</li> <li>7. Приведите пример ошибок, связанных с организацией двухточечных обменов.</li> <li>8. Перечислите особенности буферизованного обмена. В каких ситуациях рекомендуется использовать буферизованный обмен?</li> <li>9. Какими особенностями обладает обмен «по готовности»? Назовите достоинства и недостатки данного вида обмена.</li> <li>10. Дать описание неблокирующих двухточечных обменов. Зачем нужна маркировка операций? Как используются блокирующие и неблокирующие проверки выполнения обмена?</li> <li>11. Что такое отложенные обмены? В каких случаях они применяются?</li> <li>12. Какими особенностями обладают коллективные обмены? Какие существуют виды коллективных обменов? Как выполняется синхронизация коллективных обменов?</li> <li>13. Группы процессов, интеркоммуникаторы и интракоммуникаторы. Как реализуются обмены между двумя группами?</li> <li>14. Что такое виртуальная топология обмена? Дать описание декартовой топологии и топологии графа.</li> <li>15. Какие операции могут быть реализованы с помощью виртуальных топологий обмена?</li> <li>16. В какой ситуации возникает необходимость использования пользовательских типов? Каков порядок создания пользовательского типа?</li> <li>17. Дать определение односторонних обменов. В каких случаях они используются?</li> <li>18. Архитектура параллельных вычислительных систем</li> </ol>

КМ2	Контрольная работа №2	ПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Процессы и потоки.</li> <li>2. Семафоры и критические области.</li> <li>3. Параллельные вычисления.</li> <li>4. Распределенные вычисления.</li> <li>5. Разница между распределенными и параллельными вычислениями.</li> <li>6. Классификация Флинна.</li> <li>7. Закон Мура.</li> <li>8. Состояния процесса.</li> <li>9. Параллельные компьютеры с общей памятью.</li> <li>10. Параллелизм и конвейерная обработка.</li> <li>11. Организация параллельных вычислений.</li> <li>12. Технологии для реализации параллельных вычислений</li> <li>13. Понятие кластера.</li> <li>14. Параллельные компьютеры с распределенной памятью.</li> <li>15. Преимущества распределенного программирования.</li> <li>16. Простейшие модели распределенного программирования.</li> <li>17. Современные технологии разработки распределенных систем</li> <li>18. Технология MAP/REDUCE.</li> <li>19. Технология Apache Spark</li> <li>20. Основные возможности технологии OMP.</li> <li>21. Основные возможности технологии MPI.</li> <li>22. Совместное использование OMP и MPI на кластерах</li> </ol>
КМ3	Зачет	ПК-1-У1;ПК-1-31	<p>Перечень примерных вопросов для зачета</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Математические основы параллельных вычислений.</li> <li>2. Архитектура современных параллельных вычислительных систем.</li> <li>3. Аспекты параллелизма в операционных системах.</li> <li>4. Понятия последовательного и параллельного алгоритма, последовательной и параллельной программы.</li> <li>5. Закон Амдаля.</li> <li>6. Процессы и потоки в операционной системе.</li> <li>7. Многопоточное программирование.</li> <li>8. Недетерминированность параллельных программ.</li> <li>9. Гонки данных.</li> <li>10. Блокировки. Взаимоблокировки.</li> <li>11. Методы борьбы с взаимоблокировками.</li> <li>12. OpenMP как стандарт параллельного программирования для систем с общей памятью. Принципы организации параллелизма.</li> <li>13. Составные части OpenMP. Директивы компилятора, функции run-time библиотеки.</li> <li>14. Основные директивы OpenMP. Формат записи. Области видимости. Типы директив.</li> <li>15. Распределение вычислений между потоками.</li> <li>16. Управление областью видимости данных.</li> <li>17. Синхронизация как задача параллельного программирования. Средства синхронизации в OpenMP.</li> <li>18. Библиотека функций OpenMP.</li> <li>19. MPI как стандарт параллельного программирования для систем с распределенной памятью.</li> <li>20. Структура программы на MPI, принципы организации параллелизма.</li> <li>21. Настройка средств разработки, способы запуска. Состав MPI.</li> <li>22. Архитектура ускорителей вычислений GPU.</li> <li>23. Сравнение GPU и CPU.</li> <li>24. Технологии программирования для GPU CUDA и OpenACC</li> </ol>

**5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)**

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практические работы	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Выполнение практических заданий в соответствии с темами практических работ, указанных в содержании программы
P2	Лабораторные работы	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Выполнение лабораторных работ в соответствии с темами лабораторных занятий

P3	Домашнее задание	ПК-1-У1;ПК-1-В1	Рекомендуемые темы домашнего задания 1. Распараллеливание циклов, параллельные секции, критические секции 2. Создание параллельных программ с помощью технологии OpenMP. Разбор особенностей этой технологии 3. Пересылка разнотипных данных, производные типы данных, упаковка данных. 4. Создание параллельных программ с помощью технологии MPI. Разбор особенностей этой технологии 5. Гибридная модель параллельного программирования
----	------------------	-----------------	---

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

По курсу предусмотрен зачет с оценкой. Зачет с оценкой проставляется на основе оценок текущего контроля: выполнению практических заданий, успешной защите лабораторных работ выполнению двух контрольных работ и защите доклада по домашнему заданию.

### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Биллиг В. А.	Параллельные вычисления и многопоточное программирование	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016
Л1.2	Николаев Е. И.	Параллельные вычисления: учебное пособие	Электронная библиотека	Ставрополь: Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2016

#### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Малявко А. А., Менжулин С. А.	Суперкомпьютеры и системы: мультимикропроцессоры: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2017

#### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Туральчук К. А.	Параллельное программирование с помощью языка С	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016
Л3.2	Куприянов В. В.	Вычислительные системы: учеб. пособие	Электронная библиотека	М.: [МИСиС], 2015
Л3.3	Арыков С. Б., Городничев М. А., Щукин Г. А.	Параллельное программирование над общей памятью: OpenMP: учебное пособие	Электронная библиотека	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019
Л3.4	Бабенко Л. И., Ищукова Е. А., Сидоров И. Д.	Параллельные алгоритмы для решения задач защиты информации: монография	Электронная библиотека	Москва: Горячая линия – Телеком, 2014
Л3.5	Барский А. Б.	Параллельное программирование: монография	Электронная библиотека	Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016

### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Э2	Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Э3	Открытое образование	<a href="http://openedu.ru">http://openedu.ru</a>
Э4	Научно-техническая библиотека «МИСиС»	<a href="http://lib.misis.ru/">http://lib.misis.ru/</a>
Э5	Искусственный интеллект	<a href="http://www.itfru.ru/">http://www.itfru.ru/</a>

<b>6.3 Перечень программного обеспечения</b>	
П.1	LMS Canvas
П.2	Microsoft Office
П.3	MS Teams
П.4	Консультант Плюс
П.5	Python
П.6	WinRAR
П.7	MATLAB
<b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b>	
И.1	Полнотекстовые российские научные журналы и статьи:
И.2	Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.3	Полнотекстовые деловые публикации информагентств и прессы по 53 отраслям <a href="https://polpred.com/news">https://polpred.com/news</a>
И.4	Иностранные базы данных (доступ с IP адресов МИСиС):
И.5	аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.6	аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.7	наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.8	научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.9	Электронный ресурс

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ</b>		
Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Компьютерный класс	Учебная аудитория для проведения практических занятий:	экран, проектор, доска, комплект учебной мебели на 30 посадочных мест, персональные компьютеры, доступ к ЭИОС университета LMS Canvas, лицензионные программы MS Teams, MS Office
Л-809	Учебная аудитория	стационарные компьютеры 6 шт, набор демонстрационного оборудования в том числе: доска учебная, экран проекционный, мультимедийный проектор, комплект учебной мебели, пакет лицензионных программ MS Office
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>
<p>Организация занятий направлена на изучение студентами общих вопросов изучаемого курса.</p> <p>Предусматриваются домашние задания по различным разделам курса в форме подготовки мультимедийных докладов.</p> <p>Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS PowerPoint);</li> <li>- использование при проведении занятий специализированной лаборатории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;</li> <li>- использование при проведении занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.</li> </ul> <p>Дисциплина относится к основополагающим и требует значительного объема самостоятельной работы.</p> <p>Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации.</p> <p>При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.</p> <p>Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей и рубежной аттестации.</p> <p>В связи с использованием во время занятий мультимедийных технологий для проведения практических занятий требуется специализированная мультимедийная аудитория с возможностью показа видеоматериалов с аудиосопровождением и доступом к сети Интернет. Аудитория выбирается в зависимости от количества студентов, изучающих в текущем семестре</p>

данную дисциплину.