

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра Компьютерных технологий



ПРЕДТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
«ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ»

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Магистерская программа: Информатика и вычислительная техника

Образовательная программа: академическая магистратура

Квалификация: магистр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020



УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

Фоменко С.А.

«17» апреля 2020 г.

М.П.

Программа учебной дисциплины «Параллельные методы и алгоритмы» составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. №918;

Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.;

учебного плана и основной образовательной программы «Информатика и вычислительная техника» направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Доцент кафедры компьютерных технологий

Шарий Т.В.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры компьютерных технологий

Протокол № 12 от «2» апреля 2020 г.

Зав. кафедрой компьютерных технологий

Ермоленко Т.В.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической комиссии физико-технического факультета

Котенко В.Н.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Параллельные методы и алгоритмы» относится к вариативной части блока дисциплин и состоит из двух содержательных модулей: модуль 1 – «Параллельные вычисления на CPU и GPU», модуль 2 – «Модель MapReduce и сервисы обмена сообщениями».

Основывается на дисциплинах бакалавриата: «Основы программирования», «Программирование», «Системное программирование». Является основой для изучения следующих дисциплин: «Вычислительные системы».

1. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	09.04.01 Информатика и вычислительная техника	
Магистерская программа	Информатика и вычислительная техника	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Вариативная часть	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3,5	3,5
Год подготовки	2	2
Семестр	3	3
Количество часов	126	126
- лекционных	14	2
- практических, семинарских	-	-
- лабораторных	28	6
- самостоятельной работы	84	118
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	9	9
в т.ч. аудиторных	3	0,75

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель – формирование базовых знаний и умений студента в области проектирования, программной реализации, анализа и оценки эффективности параллельных алгоритмов.

Задачи – изучение современных принципов, моделей и методов распараллеливания вычислений; изучение классов параллельных систем; приобретение практических навыков параллельного программирования на уровне потоков / процессов и на уровне CPU / GPU; понимание модели распределенных вычислений MapReduce и умение применять ее на практике; знание и умение пользоваться сервисами обмена сообщениями в микросервисной архитектуре.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Параллельные методы и алгоритмы» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ направления подготовки «09.04.01 Информатика и вычислительная техника» и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки «09.04.01 Информатика и вычислительная техника» (магистерская программа: «Интеллектуальные информационные системы»):

а) универсальных (УК):

способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий (УК-1);

способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла (УК-2);

способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели (УК-3).

б) общепрофессиональных (ОПК):

способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе, с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач (ОПК-2);

способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем (ОПК-5);

способен адаптировать зарубежные комплексы обработки информации и автоматизированного проектирования к нуждам отечественных предприятий (ОПК-7);

в) профессиональных (ПК):

производственно-технологическая деятельность:

способен осуществлять управление сервисами информационных технологий (ПК-2);

способен осуществлять администрирование системного программного обеспечения инфокоммуникационной системы организации (ПК-5);

способен осуществлять управление развитием инфокоммуникационной системы организации (ПК-6);

способен осуществлять администрирование процесса поиска и диагностики ошибок сетевых устройств и программного обеспечения (ПК-7);

научно-исследовательская деятельность:

Способен осуществлять экспертный анализ эргономических характеристик программных продуктов и/или аппаратных средств (ПК-21).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- современные принципы, модели и методы распараллеливания вычислений;
- проблемы синхронизации потоков и методы их решения;
- основы параллельных вычислений на GPU;
- основы модели распределенных вычислений MapReduce.

уметь:

- писать приложения с элементами многопоточности и асинхронности на любом из высокоуровневых языков программирования;
- реализовывать параллельные вычисления на уровне процессов;
- распараллеливать вычисления на основе модели MapReduce.

владеть:

- библиотеками MPI и CUDA;
- любым из фреймворков MapReduce-вычислений (Hadoop, spark, mrjob);
- любым из сервисов обмена сообщениями (RabbitMQ, Kafka).

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1. Параллельные вычисления на CPU и GPU	
Тема 1. Параллелизм. Основные понятия	Типы параллелизма. Оценка эффективности параллельных алгоритмов. Основные классы параллельных вычислительных систем. Закон Амдала. Многопоточность. Асинхронность.
Тема 2. Параллелизм на уровне процессов	Межпроцессное взаимодействие. Модель передачи сообщений. Библиотеки MPI и OpenMP.
Тема 3. Синхронизация потоков	Механизмы синхронизации потоков. Критические секции, атомарные операции. Мьютексы, семафоры, события, барьеры памяти.
Тема 4. Параллельные вычисления на GPU	Платформа CUDA. Потоки GPU. Модель памяти CUDA. Реализация параллельных алгоритмов на платформе CUDA.
Содержательный модуль 2. Модель MapReduce и сервисы обмена сообщениями	
Тема 5. Модель распределенных вычислений MapReduce	Модель MapReduce. Библиотеки Hadoop, Spark, Hive, mrjob.
Тема 6. Сервисы обмена сообщениями	Декомпозиция системы на микросервисы. Фреймворки RabbitMQ и Kafka.

Курс дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

- 1) лекции;
- 2) лабораторные занятия;
- 3) самостоятельная работа студента.

Электронные материалы по всем формам организации учебного процесса размещены на сайте <https://github.com/ar1st0crat/ParallelCourse>.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (исследования, упражнения, лабораторные работы) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы. В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков. Используются следующие методы контроля:

- 1) устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);
- 2) проверка конспектов;

- 3) защита лабораторных работ;
- 4) проверка самостоятельных работ;
- 5) модульная контрольная работа.

Тематический план

Содержательный модуль 1												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Параллелизм. Основные понятия	8	2		2	4		9,25	0,25		1	8	
Тема 2. Параллелизм на уровне процессов	18	2		4	12		17,25	0,25		1	16	
Тема 3. Синхронизация потоков	16	2		4	10		16,25	0,25		1	15	
Тема 4. Параллельные вычисления на GPU	22	2		6	14		21,25	0,25		1	20	
Итого по содержательному модулю 1	64	8		16	40		64	1		4	59	

Содержательный модуль 2												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 5. Модель распределенных вычислений MapReduce	32	4		6	22		36,5	0,5		1	35	
Тема 6. Сервисы обмена сообщениями	30	2		6	22		25,5	0,5		1	24	
Итого по содержательному модулю 2	62	6		12	44		62	1		2	59	

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Параллелизм. Основные понятия. Многопоточность и асинхронность	2
2	Параллелизм на уровне процессов. MPI. IPC	2
3	Нюансы синхронизации потоков	2
4	Параллельные вычисления на GPU. CUDA	2
5	Модель распределенных вычислений MapReduce	2
6	Библиотеки Hadoop, Spark, Hive	2
7	Сервисы обмена сообщениями	2
	ВСЕГО	14

Темы лабораторных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Разработка многопоточных приложений	6
2	Работа с библиотекой MPI	4
3	Параллельные вычисления на GPU. Работа с CUDA	6
4	Распределенные вычисления MapReduce	6
5	Сервисы обмена сообщениями	6
	ВСЕГО	28

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов по курсу «Параллельные методы и алгоритмы» предусматривает изучение дополнительной технической литературы и интернет-источников, рекомендуемые этой программой; самостоятельную разработку алгоритмов и текстов программ лабораторных работ, изучение дополнительного инструментария. При желании студент может подготовить реферат или доклад по одной из приведенных ниже тем:

1. Обзор реализаций асинхронности в различных языках программирования.
2. Библиотека OpenMP.
3. Исторический обзор SIMD. Технологии MMX, SSE, AVX.
4. Популярные фреймворки, основанные на CUDA.
5. Библиотеки Spark, Hive.
6. Библиотека MassTransit.

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Параллелизм. Основные понятия. Многопоточность и асинхронность	4
2	Параллелизм на уровне процессов. MPI. IPC	12
3	Нюансы синхронизации потоков	10
4	Параллельные вычисления на GPU. CUDA	14
5	Модель распределенных вычислений MapReduce	10
6	Библиотеки Hadoop, Spark, Hive, mrjob	12
7	Сервисы обмена сообщениями	22
	ВСЕГО	84

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Параллелизм: основные понятия. Многопоточность и асинхронность.
2. Синхронизация потоков.
3. Параллелизм на уровне процессов. Библиотека MPI.
4. Параллельные вычисления на GPU. Платформа CUDA.

7. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки: **09.04.01 Информатика и вычислительная техника**
 Магистерская программа: **Информатика и вычислительная техника**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр: **3**
 Учебная дисциплина: **Параллельные методы и алгоритмы**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. В соответствии с классификацией Флина, вычислительные системы делятся на:
 - а) SIMD, CUDA, MPI, MT
 - б) SIMD, MIMD, CUDA, MUDA
 - в) SIMD, MISD, SISD, MIMD
 - г) MPI, SPI, SIMD, MIMD
2. MPI-коммуникатор по умолчанию называется:
 - а) MPI_DEF_COMM
 - б) DEFAULT_COMMUNICATOR
 - в) COMM_WORLD
 - г) MPI_COMM_WORLD
3. Когда функция MPI_recv возвращает управление?
 - а) после прибытия сообщения, ожидаемого функцией
 - б) никогда
 - в) сразу
 - г) спустя время, указанное в параметре функции

4. Во сколько раз быстрее выполнится программа, в соответствии с законом Амдала, с долей последовательных вычислений **25%** при использовании **10** процессоров?

- а) 10
- б) 3,077
- в) 9,174
- г) 2,174

5. Компилятором CUDA является приложение:

- а) nvcc.exe
- б) cu.exe
- в) gpgru.exe
- г) mpicc.exe

6. Напишите на любом языке программирования приложение с 2 потоками. Первый поток генерирует случайные числа в диапазоне от 0 до 1000000 с периодичностью 20 мс. Второй поток ожидает ситуации, когда в первом потоке будет сгенерировано число от 0 до 100. В этом случае второй поток начинает принимать от первого очередное сгенерированное число и выводить его на консоль, а первый поток должен также начать выводить на консоль сообщение «New number!» после каждой генерации нового числа. Если во второй поток опять пришло число в диапазоне от 0 до 100, первый поток должен перестать генерировать числа и ждать, пока второй поток не выведет на консоль сообщение «ОК» после секундного простоя. Далее потоки переводятся в исходное состояние задачи (первый поток генерирует числа без вывода на консоль, второй – ожидает число от 0 до 100) и алгоритм повторяется.

Утверждено на заседании кафедры компьютерных технологий,
протокол № ____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
Преподаватель

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
1	2
2	2
3	2
4	2
5	2
6	15
Всего	25

8. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Экзамен не предусмотрен программой.

9. ОБРАЗЕЦ ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

1. В соответствии с классификацией Флина, вычислительные системы делятся на:

- а) SIMD, CUDA, MPI, MT
- б) SIMD, MIMD, CUDA, MUDA
- в) SIMD, MISD, SISD, MIMD
- г) MPI, SPI, SIMD, MIMD

2. MPI-коммуникатор по умолчанию называется:

- а) MPI_DEF_COMM
- б) DEFAULT_COMMUNICATOR
- в) COMM_WORLD
- г) MPI_COMM_WORLD

10. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение лабораторных работ.

*Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины*

	Содержательный модуль №1					Содержательный модуль №2			Всего
	Лабораторные работы			Мод. контр. работа	Всего С.М. №1	Лабораторные работы		Всего С.М. №2	
	№1	№2	№3			№4	№5		
Макс. балл	10	10	15	25	60	20	20	40	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

Оценка за овладение курса выставляется по следующим критериям:

– Оценку «отлично» заслуживает студент, который обнаружил глубокие знания при ответах на теоретические вопросы по темам курса, а также выполнил практические задания в полном объеме и набрал более 90 баллов.

– Оценку «хорошо» заслуживает студент, сделавший ошибки в теоретических или практических ответах, которые могут быть интерпретированы как малозначительные для вопросов, которые рассматривались. Студент должен набрать более 75 баллов.

– Оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, который выполнил задания неполно и с ошибками, но при этом набрал более 60 баллов.

– Оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, который не выполнил большинства теоретических и практических задач и набрал менее 60 баллов.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оснащенной мультимедийной техникой и доской. Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе, оборудованном компьютерами с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, столами, доской.

12. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Гергель, В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учеб. пособие / В. П. Гергель. - М. : Интернет-Ун-т информ. технологий : БИНОМ. Лаб. знаний, 2007. - 423 с.	1	Да
2.	Воеводин, В. В. Параллельные вычисления : Учеб. пособие для вузов по направлению "Прикладная математика и информатика" / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. - СПб. : БХВ-Петербург, 2002. - 608 с.	1	Да
<i>Дополнительная литература</i>			
3.	Э. Уильямс Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. — М.: ДМК Пресс, 2012. – 672с.	-	Нет

13. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. A Comprehensive MPI Tutorial Resource. URL: <https://mpitutorial.com/> (дата обращения 17.03.2020 г.)

2. Курс лекций по CUDA. URL: https://www.nvidia.ru/object/cuda_state_university_courses_new_ru.html (дата обращения 17.03.2020 г.)

3. MapReduce tutorial. URL: <https://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-mapreduce-client/hadoop-mapreduce-client-core/MapReduceTutorial.html> (дата обращения 17.03.2020 г.)

4. RabbitMQ tutorials. URL: <https://www.rabbitmq.com/getstarted.html> (дата обращения 17.03.2020 г.).

14. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Microsoft Visual Studio Community 2017 или более поздних версий;
- MPI toolkit;
- CUDA toolkit;
- Apache Hadoop;
- RabbitMQ или Kafka (по выбору студента);
- Docker (при необходимости).

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 2020 год.
Протокол № 12 от «2» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой Ермоленко Т.В.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 2021 год.
Протокол № ____ от «____» _____ 2021 г.
Заведующий кафедрой

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 2022 год.
Протокол № ____ от «____» _____ 2022 г.
Заведующий кафедрой

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры компьютерных технологий с изменениями (без изменений) на 2023 год.
Протокол № ____ от «____» _____ 2023 г.
Заведующий кафедрой