

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра компьютерных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.



Рабочая программа учебной дисциплины

«РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧИ»

Направления подготовки:	09.04.01 Информатика и вычислительная техника
Магистерская программа:	Информатика и вычислительная техника
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , <u>очно-заочная</u> , <u>заочная</u>

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП



Программа учебной дисциплины «**Распознавание речи**» 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:

канд. тех. наук, доцент кафедры
компьютерных технологий

Т.В. Ермоленко

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

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Учебная дисциплина «Распознавание речи» относится к вариативной части блока «Дисциплины (модули)» и состоит из двух содержательных модулей: модуль 1 – «Параметризация речевого сигнала. Методы формирования признаков распознавания», модуль 2 – «Технологии искусственного интеллекта, используемые для распознавания речевых сигналов».

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой компьютерных технологий.

Этот курс опирается на математическую подготовку студентов, полученную при изучении дисциплин бакалавриата: «Математика», «Теория вероятности, математическая статистика», «Математическая логика», «Современные информационные системы и технологии», на знания технологий разработки современного программного обеспечения, полученные при изучении дисциплин бакалавриата: «Технологии разработки программного обеспечения» «Объектно-ориентированное программирование», а также на знания технологий искусственного интеллекта и цифровой обработки сигналов, полученные при изучении дисциплин магистратуры «Технологии извлечения знаний», «Интеллектуальные системы», «Цифровая обработка сигналов», «Машинное обучение», закладывает фундамент научно-прикладной подготовки будущих исследователей в области инженерии знаний.

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы и при написании магистерской диссертации.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	09.04.01 Информатика и вычислительная техника	
Магистерская программа	Информатика и вычислительная техника	
Программа подготовки	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	5	5
Год подготовки	2	3
Семестр	4	5
Количество часов	180	180
- лекционных	20	4
- практических, семинарских		
- лабораторных	40	8
- самостоятельной работы	120	168
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	9	18
в т.ч. аудиторных	3	1,2

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи.

Цель – формирование у магистрантов знаний о принципах построения систем распознавания речи, основных методах и алгоритмах цифровой обработки и распознавания речевых сигналов; умение применять полученные знания при проектировании и реализации систем обработки и распознавания речи.

Задачи – усвоение теоретических основ и приобретение практических навыков по применению методов распознавания речи, позволяющих самостоятельно осуществлять разработку алгоритмов цифровой обработки и распознавания речевых сигналов при хранении и передаче речевых данных в инфокоммуникационных системах.

Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины «Распознавание речи» направлен Процесс изучения дисциплины «Интеллектуальные системы» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 918, и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника (магистерская программа: Информатика и вычислительная техника):

а) универсальных (УК):

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

б) общепрофессиональных (ОПК):

– способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте (ОПК-1);

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

– способен анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями (ОПК-3);

– способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований (ОПК-4);

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

– способен разрабатывать компоненты программно- аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

производственно-технологическая деятельность:

– способен осуществлять технологическую поддержку подготовки технических публикаций (ПК-3);

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:

– классификацию систем распознавания речи;

- методы параметризации речевого сигнала и получения наборов признаков для его распознавания;
- современные методы и подходы к распознаванию речи и способы их применения для решения практических задач по разработке систем распознавания речевых сигналов;

Уметь:

- реализовывать основные методы цифровой обработки и анализа речевых сигналов, получения векторов признаков для их распознавания;
- реализовывать алгоритмы распознавания речи;
- анализировать результаты обучения алгоритмов, предлагать пути повышения точности алгоритмов;

Владеть:

- навыками экспериментального исследования характеристик речевых сигналов и их преобразований;
- навыками построения различного рода классификаторов для распознавания речи.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1. Параметризация речевого сигнала. Методы формирования признаков распознавания	
Тема 1. Классификация и общая структура систем распознавания речи, подходы к их разработке.	Классификация систем распознавания речи. Речевые базы данных. Архитектура систем распознавания речи. Проблемы, возникающие при разработке систем распознавания речи.
Тема 2. Способы параметризации речевого сигнала.	Дискретизация звука. Амплитудно-временное представление (АВП) сигнала. Спектральное представление сигнала. Спектры Фурье и вейвлет-спектры. Основы теории речеобразования. Гомоморфная обработка сигналов. Кодирование речевых сигналов на основе линейного предсказания. Перцептуальное кодирование.
Тема 3. Методы формирования наборов признаков распознавания речевых сигналов.	Широкая фонетическая классификация звуков речи. Признаки распознавания на основе АВП. Спектральные признаки распознавания. Признаки распознавания речевых сигналов на основе кодирования с линейным предсказанием. Психоакустические принципы восприятия речи. Мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC).
Содержательный модуль 2. Технологии искусственного интеллекта, используемые для распознавания речевых сигналов	
Тема 4. Методы предварительной обработки речевых сигналов.	Выделение речи из звукового сигнала (VAD-алгоритмы). Методы сегментации речевого сигнала.
Тема 5. Построение классификаторов распознавания речевых сигналов.	Классификатор на основе гауссовских смесей. Распознавание речи на основе скрытых марковских моделей. Распознавание речи с помощью нейросетей. Алгоритм динамического искажения времени DTW для распознавания речевых команд.

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. Классификация и общая структура систем распознавания речи, подходы к их разработке.	4	2			2		4				4	
Тема 2. Способы параметризации речевого сигнала.	40	4		10	26		40	1		2	37	
Тема 3. Методы формирования наборов признаков распознавания речевых сигналов.	46	4		10	32		46	1		2	43	
Итого по содержательному модулю 1	90	10		20	60		90	2		4	84	
Содержательный модуль 2												
Тема 4. Методы предварительной обработки речевых сигналов.	20	2		0	18		20	1				
Тема 5. Построение классификаторов распознавания речевых сигналов.	70	8		20	42		70	1		4		
Итого по содержательному модулю 2	90	10		20	60		90	2		4	84	
Всего часов	180	20		40	120		180	4		8	168	

Курс дисциплины «Распознавание речи» предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

- лекции;
- лабораторные занятия;
- самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные, наглядные (слайды, иллюстрации, коды программ), 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:

- устный контроль (экспресс-опрос на практических занятиях);
- защита лабораторных работ;
- модульная контрольная работа.

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

Практические занятия не предусмотрены планом.

Темы лекционных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Классификация и общая структура систем распознавания речи, подходы к их разработке	1
2	Цифровой звук. Ключевые операции ЦОС. Речеобразование и восприятие речи.	1
3	Частотно-временное представление речевого сигнала.	2
4	Кепстральный анализ, кодирование с линейным предсказанием.	2
5	Методы формирования наборов признаков распознавания речевых сигналов	2
6	Методы предварительной обработки речевых сигналов.	2
7	Скрытые марковские модели (СММ).	2
8	Распознавание речи с помощью гауссовых смешанных моделей (ГСМ).	2
9	Объединение СММ-ГСМ. Нейросети в распознавании речи.	3
10	DTW-алгоритм.	1
	ВСЕГО	20

Темы лабораторных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Знакомство с возможностями Kaldi. Подготовка данных для обучения монофонной модели.	10
2	Обучение монофонной модели, основанной на скрытой марковской модели – гауссовой смешанной модели (СММ-ГСМ).	10
3	Распознавание слов и трифонов с использованием языковой модели и обученной модели для распознавания фонем.	10
4	Обучение акустической модели гибридной нейронной сети.	10
	ВСЕГО	40

6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

- Самостоятельная работа студентов по курсу «Распознавание речи» предусматривает:
- систематическое посещение практических занятий, ведение конспекта;
 - повседневное изучение теоретического материала и содержания технической литературы, рекомендуемые этой программой и рабочим учебным планом;
 - добросовестную подготовку к лабораторным занятиям;
 - своевременное и качественное оформление отчётов по лабораторным работам.
 - самостоятельную разработку алгоритмов и текстов программ лабораторных работ.

Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	2	3
1	Изучение темы: Современное состояние исследований в области распознавания речи.	2
2	Изучение темы: Основные операции ЦОС. В том числе вопросов, не освещаемых на практических занятиях: – амплитудно-частотная характеристика фильтра; – свойства КИХ- и БИХ-фильтров.	4
3	Изучение темы: Преобразование Фурье. В том числе вопросов, не освещаемых на практических занятиях: – преобразование Хартли; – косинусное преобразование.	2
4	Изучение темы: Вейвлет-преобразование.	4
5	Изучение темы: кодирование с линейным предсказанием. Критические полосы слуха. Перцептуальное кодирование.	8
6	Изучение темы: MFCC.	8
7	Подготовка к лабораторной работе №1: Знакомство с возможностями Kaldi. Подготовка данных для обучения монофонной модели.	8
8	Изучение темы: СММ в распознавании речи. В том числе вопросов, не освещаемых на практических занятиях: – использование СММ для построения акустической модели; – использование СММ для построения языковой модели; – векторное квантование.	8
9	Изучение темы: ГСМ в распознавании речи. В том числе вопросов, не освещаемых на практических занятиях: – использование ГСМ в задачах распознавания диктора.	8
10	Подготовка к лабораторной работе №2: Обучение монофонной модели, основанной на скрытой марковской модели – гауссовой смешанной модели (СММ-ГСМ).	8
11	Изучение темы: VAD-алгоритмы.	4
12	Изучение темы: Сегментация речевого сигнала. В том числе вопросов, не освещаемых на практических занятиях: – использование нейросетей для задач сегментации сигнала.	4

1	2	3
10	Подготовка к лабораторной работе №3: Распознавание слов и трифонов с использованием языковой модели и обученной модели для распознавания фонем.	8
13	Изучение темы: Нейросетевое распознавание речи. В том числе вопросов, не освещаемых на лекциях: – архитектура нейросетей для построения фонетической модели; – архитектура нейросетей для построения языковой модели; – архитектура нейросетей для декодера.	32
14	Подготовка к лабораторной работе №4: Обучение акустической модели гибридной нейронной сети.	8
15	Изучение темы: Распознавание команд малого словаря с помощью DTW-алгоритма.	4
	ВСЕГО	90

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Индивидуальные задания не предусмотрены.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Сложности при разработке систем автоматического распознавания речи. Сложности, связанные с распознаванием русского языка.
2. Классификация систем автоматического распознавания речи. Типовая архитектура систем автоматического распознавания речи.
3. Акустическая модель и языковая модель.
4. В чём заключается работа декодера?
5. Сложности при построении акустической и языковой моделей.
6. Частота дискретизации. Этапы преобразования аналогового сигнала в цифровой. Достоинства и недостатки цифрового звука.
7. Ключевые операции ЦОС.
8. Речеобразование. Широкие фонетические классы звуков речи по их образованию.
9. Основные психоакустические принципы восприятия речи. Барк- и мел-шкала.
10. Непрерывное, дискретное и быстрое преобразование Фурье.
11. Частотно-временное представление сигнала с помощью преобразования Фурье.
12. Признаки вейвлета. Непрерывное и дискретное вейвлет-преобразование.
13. Вейвлет-фильтры.
14. Вейвлеты Добеши.
15. Пирамидальный алгоритм быстрого вейвлет-преобразования.
16. Модель речеобразования. Кепстр сигнала?
17. Алгоритм Левинсона-Дарбина для получения коэффициентов линейного предсказателя.
18. Алгоритм получения MFCC.
19. Разница методов LPC и PLP?
20. Признаки для классификации звуков речи. Техники для модификации извлечённых акустических признаков.

9. 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: **4**
 Учебная дисциплина: **Распознавание речи**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

ВАРИАНТ №1

1. Классификация систем автоматического распознавания речи. Типовая архитектура систем автоматического распознавания речи.
2. Частотно-временное представление сигнала с помощью преобразования Фурье.

Утверждено на заседании кафедрой компьютерных технологий,
 протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____

Преподаватель _____

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	5
Задание 2	5
Всего	10

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Экзамен не предусмотрен планом.

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

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

Форма контроля	Максимальное количество баллов
Лабораторная работа №1	20
Лабораторная работа №2	20
Лабораторная работа №3	20
Лабораторная работа №4	20
Модульный контроль	10
Организационно-учебная работа студента	10

Согласно модульному принципу организации учебного процесса, содержание дисциплины «Распознавание речи» включает в себя два содержательных модуля. Каждый содержательный модуль состоит из теоретического материала и лабораторных работ, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

К модульному контролю студент должен защитить 2 лабораторные работы, каждая из которых оценивается в 20 баллов.

На модульном контроле студент имеет возможность получить 10 баллов, ответив на 2 теоретических вопроса, каждый из которых оценивается в 5 баллов.

К концу семестра студент должен защитить еще 2 лабораторные работы, каждая из которых оценивается в 20 баллов.

Дополнительно 10 баллов студент может получить в течение семестра, посещая лекции и участвуя в устных опросах.

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 «зачтено» заслуживает студент, который выполнил большинство не менее 3 лабораторных работ, набрав при этом более 60 баллов.
- Оценку «не зачтено» заслуживает студент, который не выполнил большинства лабораторных работ и набрал менее 60 баллов.

12. 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.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Ермоленко Т.В. Технологии автоматического распознавания речи [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т.В. Ермоленко. – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).	-	+
2.	Ермоленко Т.В. Параметризация и распознавание речевых сигналов [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Т.В. Ермоленко. – Донецк: ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).	-	+
<i>Дополнительная литература</i>			
3.	Малла С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. / С. Малла. М.: Мир, 2005. – 671 с. Электронная книга, адрес доступа: http://www.studmed.ru/malla-s-veyvlety-v-obrabotke-signalov_2e58657908b.html (в свободном доступе)	-	-
4.	Тампель И.Б., Карпов А.А. Автоматическое распознавание речи. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 138 с. Электронная книга, адрес доступа: https://books.ifmo.ru/file/pdf/1921.pdf (в свободном доступе)	-	-

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. Лекции по нейросетям URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/61/61/info> (дата обращения 17.03.2019).
2. Фролов А.В., Фролов Г.В. Синтез и распознавание речи. Современные решения. URL: <http://www.frolov-lib.ru/books/hi/ch01.html> (дата обращения 17.03.2019).
3. Галунов В.И., Соловьев А.Н. Современные проблемы в области распознавания речи. URL: <http://auditech.ru/page/darkness.html> (дата обращения 17.03.2019).
4. R.J.E. Merry. Wavelet Theory and Applications: A literature study URL: <http://www.mate.tue.nl/mate/pdfs/5500.pdf> (дата обращения 17.03.2019).
5. И.В. Огнев, П.А. Парамонов. Распознавание речи методами скрытых марковских моделей в ассоциативной осцилляторной среде. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/raspoznvanie-rechi-metodami-skrytyh-markovskih-modeley-v-assotsiativnoy-ostsillyatornoy-srede> (дата обращения 17.03.2019).
6. А.А. Петровский, К. Белявский, Ал.А. Петровский. Перцептуальное кодирование аудио и речевых сигналов URL: http://doklady.bsuir.by/m/12_100229_1_57691.pdf (дата обращения 17.03.2019).
7. Краткий учебный курс по НТК URL: http://speech.com.ua/htk_course.html (дата обращения 17.03.2019).
8. Документация Kaldi. URL: <http://kaldi.sourceforge.net/tutorial.html> (дата обращения 17.03.2019).

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений)

Набор инструментов для распознавания речи Kaldi (лицензия Apache v2.0.)

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