

# ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

## ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра компьютерных технологий



Е.И. Скафа

### Рабочая программа учебной дисциплины «ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»

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

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП



Программа учебной дисциплины «Имитационное моделирование» 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:

кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры  
компьютерных технологий

Н.А. Володин

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 «Имитационное моделирование» 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	1	1
Семестр	1	1
Количество часов	144	144
- лекционных	16	4
- практических, семинарских		
- лабораторных	32	6
- самостоятельной работы	96	134
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	9	9
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 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
<b>Содержательный модуль 1. Параметризация речевого сигнала. Методы формирования признаков распознавания</b>	
<b>Тема 1.</b> 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.
<b>Тема 2.</b> 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.
<b>Тема 3.</b> 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).
<b>Содержательный модуль 2. Технологии искусственного интеллекта, используемые для распознавания речевых сигналов</b>	
<b>Тема 4.</b> Методы предварительной обработки речевых сигналов.	Выделение речи из звукового сигнала (VAD-алгоритмы). Методы сегментации речевого сигнала.
<b>Тема 5.</b> 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
	<b>ВСЕГО</b>	<b>20</b>

### 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
	<b>ВСЕГО</b>	<b>40</b>

## 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

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
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
	<b>ВСЕГО</b>	<b>90</b>

## 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
<b>Всего</b>	<b>10</b>

## 10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Экзамен не предусмотрен планом.

## 11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

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

<b>Форма контроля</b>	<b>Максимальное количество баллов</b>
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***

<b>Оценка по шкале ECTS</b>	<b>Оценка по 100-балльной шкале</b>	<b>Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)</b>	<b>Оценка по государственной шкале (зачет)</b>
<b>A</b>	90-100	5 (отлично)	зачтено
<b>B</b>	80-89	4 (хорошо)	зачтено
<b>C</b>	75-79	4 (хорошо)	зачтено
<b>D</b>	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>E</b>	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>FX</b>	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	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: <a href="http://www.studmed.ru/malla-s-veyvlety-v-obrabotke-signalov_2e58657908b.html">http://www.studmed.ru/malla-s-veyvlety-v-obrabotke-signalov_2e58657908b.html</a> (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: <a href="https://books.ifmo.ru/file/pdf/1921.pdf">https://books.ifmo.ru/file/pdf/1921.pdf</a> (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/raspoznavanie-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](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](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