

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
Кафедра медицинской физики и цифровых технологий**

Одобрено Ученым советом
ФГБОУ ВО УГМУ
Минздрава России
Протокол № 9
от 21 апреля 2023 г.

«УТВЕРЖДАЮ»:



Проректор по образовательной
деятельности и молодежной
политике Т.В. Бородулина
" 04 "  2023 г.

**Дополнительная профессиональная программа
(программа профессиональной переподготовки)**

«Цифровые технологии обработки данных в медицине»

(Дополнительное профессиональное образование)

г. Екатеринбург, 2023

СОСТАВ РАБОЧЕЙ ГРУППЫ

по разработке дополнительной профессиональной программы (программы профессиональной переподготовки) «Цифровые технологии обработки данных в медицине»

№ пп.	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Занимаемая должность	Место работы
1.	Бородулина Татьяна Викторовна	д.м.н., доцент	Проректор по образовательной деятельности и молодежной политике	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России
2.	Шкиндер Наталья Леонидовна	к.б.н., доцент	Начальник учебно-методического управления	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России
3.	Соколов Сергей Юрьевич	к.ф.-м.н., доцент	Заведующий кафедрой медицинской физики и цифровых технологий	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России
4.	Резайкин Алексей Васильевич	к.м.н.	Доцент кафедры медицинской физики и цифровых технологий	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России
5.	Соколовский Дмитрий Николаевич	к.ф.-м.н.	Доцент кафедры медицинской физики и цифровых технологий	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России
6.	Телешев Валерий Алексеевич	к.б.н., доцент	Доцент кафедры медицинской физики и цифровых технологий	ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России

Рецензенты:

1. Стародумов Илья Олегович, к.ф.-м.н., руководитель лаборатории моделирования многофазных физико-биологических сред Института естественных наук и математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

2. Чистяков Алексей Владимирович, заместитель генерального директора по развитию компании «Тритон-Электроникс», главный конструктор.

3. Марчук Юрий Владимирович, к.ф.-м.н., начальник отдела информационных и аналитических технологий ГАУЗ СО МКМЦ «Бонум»

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
2. ЦЕЛЬ ПРОГРАММЫ	7
3. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОЙ КВАЛИФИКАЦИИ И СВЯЗАННЫХ С НЕЙ ВИДОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРУДОВЫХ ФУНКЦИЙ И (ИЛИ) УРОВНЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ	7
4. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ.....	11
5. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ	12
6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ	16
7. УЧЕБНЫЙ ПЛАН	16
8. КАЛЕНДАРНЫЙ УЧЕБНЫЙ ГРАФИК.....	17
9. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ	17
10. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ.....	21
11. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	22
12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ	33
13. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ.	34

СОКРАЩЕНИЯ

- ИТ – информационные технологии
- ДОТ – дистанционные образовательные технологии
- ДПП – дополнительная профессиональная программа
- ПП – профессиональная переподготовка
- ЗУН – знания, умения, навыки
- ЦК – цифровые компетенции
- СДО – система дистанционного обучения
- СР – самостоятельная работа
- ТСО – технические средства обучения
- УИРС – учебно-исследовательская работа студентов
- ЭОР – электронный образовательный ресурс
- БД – база данных
- СУБД – система управления базами данных
- ПО – программное обеспечение
- МИС – медицинская информационная система
- ИИ – искусственный интеллект
- НС – нейронная сеть
- СНС – сверточная нейронная сеть

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Дополнительная профессиональная программа (программа профессиональной переподготовки) ИТ-профиля «Цифровые технологии обработки данных в медицине» (далее – Программа) разработана в соответствии с нормами Федерального закона РФ от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», с учетом требований

- приказа Минобрнауки России от 1 июля 2013 г. № 499 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным профессиональным программам», с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 15 ноября 2013 г. № 1244,

- приказа Минобрнауки России от 23 августа 2017 г. № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;

- паспорта федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»;

- постановления Правительства Российской Федерации от 13 мая 2021 г. № 729 «О мерах по реализации программы стратегического лидерства «Приоритет-2030»;

- приказа Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 28 февраля 2022 г. № 143 «Об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» и признании утратившими силу некоторых приказов Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации об утверждении методик расчета показателей федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

1.2. Профессиональная переподготовка заинтересованных лиц (далее – Слушатели), осуществляемая в соответствии с Программой (далее – Подготовка), имеющей отраслевую направленность – Здоровоохранение, реализуется в Уральском государственном медицинском университете (далее – Университет) с применением дистанционных образовательных технологий.

1.3. Разделы, включенные в учебный план Программы, используются для последующей разработки календарного учебного графика, учебно-тематического плана, содержания программы, оценочных и методических материалов. Перечисленные документы разрабатываются Университетом самостоятельно, с учетом актуальных положений законодательства об образовании, законодательства в области информационных технологий и смежных областей знаний, ФГОС ВО ординатуры по укрупненной группе специальностей 31.08.00 «Клиническая медицина» и соответствующих профессиональных стандартов.

1.4. Программа регламентирует требования к профессиональной переподготовке в области применения информационных технологий в отрасли здравоохранения.

Срок обучения по программе составляет 9 месяцев.

Трудоемкость программы 252 академических часов (7 зачетных единиц).

К освоению Программы допускаются лица:

- получающие высшее образование по программе ординатуры по укрупненной группе специальностей 31.08.00 «Клиническая медицина»
- осваивающие основную профессиональную образовательную программу ординатуры, которая не относится к ИТ-профилю.

1.5. Область и сфера профессиональной деятельности – отрасль здравоохранения: применение средств программной разработки в сфере оказания первичной медико-санитарной помощи населению в медицинских организациях.

2. ЦЕЛЬ ПРОГРАММЫ

2.1. Целью подготовки слушателей по Программе является получение обучающимися по специальностям, не отнесенным к ИТ-сфере, компетенций, необходимых для приобретения новой квалификации – «Специалист по информационным ресурсам и обработке медицинских данных».

3. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВОЙ КВАЛИФИКАЦИИ И СВЯЗАННЫХ С НЕЙ ВИДОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРУДОВЫХ ФУНКЦИЙ И (ИЛИ) УРОВНЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ

3.1. Виды профессиональной деятельности, трудовая функция, указанные в профессиональном стандарте по соответствующим должностям представлены в таблице 1:

Таблица 1

**Характеристика новой квалификации, связанной с видом профессиональной деятельности и трудовыми функциями
в соответствии с профессиональным стандартом**

Область профессиональной деятельности	Тип задач профессиональной деятельности	Код и наименование профессиональной компетенции	Трудовые действия	Трудовая функция	Обобщенная трудовая функция	Вид профессиональной деятельности
02 Здравоохранение	Медицинский	ОПК-1. Способен использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности и соблюдать правила информационной безопасности.	<p>Ведение медицинской документации, в том числе в электронном виде</p> <p>Использование информационно-компьютерных технологий</p> <p>Использование медицинских информационных систем и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»</p>	А/05.8 Проведение анализа медико-статистической информации, ведение медицинской документации, организация деятельности находящегося в распоряжении медицинского персонала	А. Проведение медицинской реабилитации пациентов, имеющих нарушения функций и структур организма человека и последовавшие за ними ограничения жизнедеятельности, при заболеваниях и/или состояниях А. Оказание медицинской помощи пациентам при заболеваниях и/или состояниях специалистами	02.039 Врачебная практика в области медицинской реабилитации 02.046 Врачебная практика в области неврологии 02.049 Врачебная практика в области в области гериатрии 02.052 Врачебная практика в области гастроэнтерологии 02.026 Врачебная практика в области неонатологии

Таблица 2

Характеристика новой и развиваемой цифровой компетенции в ИТ-сфере, связанной с уровнем формирования и развития в результате освоения Программы «Цифровые технологии обработки данных в медицине»

Наименование сферы	Код и наименование профессиональной компетенции	Пример инструментов	0 - способность не проявляется/ проявляется в степени, недостаточной для отнесения к 1 уровню сформированности компетенции	1 - способность проявляется под внешним контролем / при внешней постановке задачи/ обучающийся пользуется готовыми, рекомендованными продуктами	2 - способность проявляется, но обучающийся эпизодически прибегает к экспертной консультации/ самостоятельно подбирает и пользуется готовыми продуктами	3 - способность проявляется системно / обучающийся модифицирует способность под определенные задачи / создает новый продукт, обучает других
Средства программной разработки	28. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	Python	-	+	+	+
Искусственный интеллект и машинное обучение	25. Оценивает возможности применения искусственного интеллекта и машинного	Python PyTorch TensorFlow	-	+	+	+

	обучения					
Анализ данных	11. Использует специализированное программное обеспечение для анализа медико-биологических данных	Jamovi Python Pandas Seaborn Statistica	-	+	+	+

4. ХАРАКТЕРИСТИКА НОВЫХ И РАЗВИВАЕМЫХ ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ, ФОРМИРУЮЩИХСЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

4.1. В ходе освоения Программы Слушателем приобретаются следующие профессиональные компетенции:

28. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач

25. Оценивает возможности применения искусственного интеллекта и машинного обучения

11. Использует специализированное программное обеспечение для анализа медико-биологических данных

4.2. В ходе освоения Программы Слушателем совершенствуются следующие профессиональные компетенции:

ОПК-1. Способен использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности и соблюдать правила информационной безопасности.

Освоение дополнительной профессиональной программы (программы профессиональной переподготовки) «Цифровые технологии обработки данных в медицине» интегрировано с освоением основных профессиональных образовательных программ высшего образования по укрупненной группе специальностей 31.08.00 Клиническая медицина. Это позволяет ориентировать формирование цифровых компетенций на решение профессиональных задач в области здравоохранения и обеспечить совершенствование общепрофессиональных компетенций, регламентированных ФГОС.

5. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

5.1. Результатами подготовки слушателей по Программе является получение представленных компетенций, необходимых для приобретения новой квалификации - «Специалист по информационным ресурсам и обработке медицинских данных».

Контролируемые учебные элементы (знания, умения, навыки), направленные на формирование профессиональных (цифровых) компетенций, представлены в таблице.

Контролируемые учебные элементы (знания, умения и навыки), направленные на формирование профессиональных (цифровых) компетенций

№ п/п	Профессиональные (цифровые) компетенции	Контролируемые учебные элементы в формате знаний, умений и навыков			Формы контроля
		Знания	Умения	Навыки	
1	2	3	4	5	6
1.	28. Применяет языки программирования для решения профессиональных задач	<p><i>а) пороговый уровень</i> Знать основы программирования на одном из языков высокого уровня и распространенные среды разработки ПО</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + знание расширенного функционала языка программирования для решения задач обработки данных</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + знание методов повышения эффективности программного кода и особенностей разработки web-приложений</p>	<p><i>а) пороговый уровень</i> Уметь писать программный код с использованием базового функционала языка программирования под контролем опытных специалистов.</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + умение использовать методы оптимизации программного кода, умение включать в создаваемое ПО внешние библиотеки функций под контролем опытных специалистов.</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + уметь создавать и программировать</p>	<p><i>а) пороговый уровень</i> Владеть навыками алгоритмизации и создания законченного программного продукта под контролем опытных специалистов.</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + навыки поиска и использования сторонних библиотек алгоритмов</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + навыки разработки эффективного программного кода с применением алгоритмов и структур данных, а также web-приложений под контролем опытных специалистов.</p>	<p>Тестовый контроль</p> <p>Проектная работа</p>

2.	25. Оценивает возможности применения искусственного интеллекта и машинного обучения	<p>а) <i>пороговый уровень</i> Знать элементарные методы и приемы обработки количественных и качественных данных</p> <p>б) <i>базовый уровень</i> Пороговый уровень + знание методов математической статистики и машинного обучения для решения задач обработки и визуализации медицинской информации.</p> <p>в) <i>продвинутый уровень</i> Базовый уровень + знание принципов построения сервисов искусственного интеллекта и методов продвинутой аналитики</p>	<p>а) <i>пороговый уровень</i> Уметь применять основные методы обработки медицинских данных</p> <p>б) <i>базовый уровень</i> Пороговый уровень + умение применять простые методы машинного обучения и алгоритмы обработки больших данных</p> <p>в) <i>продвинутый уровень</i> Базовый уровень + умение разрабатывать и применять подходы с использованием методов искусственного интеллекта.</p>	<p>а) <i>пороговый уровень</i> Владеть программными продуктами для обработки медицинских данных на элементарном уровне</p> <p>б) <i>базовый уровень</i> Пороговый уровень + владение ПО, реализующим простые методы машинного обучения и алгоритмы обработки больших данных</p> <p>в) <i>продвинутый уровень</i> Базовый уровень + уверенное владение методами искусственного интеллекта и продвинутыми методами обработки больших данных, а также методами визуализации результатов анализа и моделирования, в том числе и с помощью web-приложений; участвует в проектах по созданию ПО под контролем опытных специалистов.</p>	Тестовый контроль
----	---	--	--	---	-------------------

3.	11. Использует специализированное программное обеспечение для анализа медико-биологических данных	<p><i>а) пороговый уровень</i> Знать элементарные методы и приемы обработки количественных и качественных данных</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + знание методов математической статистики и машинного обучения для решения задач обработки и визуализации медицинской информации.</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + знание принципов построения сервисов искусственного интеллекта и методов продвинутой аналитики</p>	<p><i>а) пороговый уровень</i> Уметь применять элементарные методы и приемы обработки количественных и качественных данных</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + уметь применять методы математической статистики и машинного обучения для решения задач обработки и визуализации медицинской информации.</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + умение применять специализированные сервисы искусственного интеллекта</p>	<p><i>а) пороговый уровень</i> Навыки работы с простыми программами обработки количественных и качественных данных</p> <p><i>б) базовый уровень</i> Пороговый уровень + навыки работы с ПО, реализующим методы математической статистики и машинного обучения для решения задач обработки и визуализации медицинской информации.</p> <p><i>в) продвинутый уровень</i> Базовый уровень + навыки самостоятельно подбирать и настраивать ПО для анализа медико-биологических данных</p>	Тестовый контроль УИРС
----	---	--	---	--	-------------------------------

6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

6.1. Реализация Программы должна обеспечить получение компетенции, необходимой для приобретения новой квалификации - «Специалист по информационным ресурсам и обработке медицинских данных»

6.2. Учебный процесс организуется с применением дистанционных образовательных технологий, инновационных технологий и методик обучения, способных обеспечить получение слушателями знаний, умений и навыков в области здравоохранения.

6.3. Реализация Программы обеспечивается научно-педагогическими кадрами Университета, допустимо привлечение к образовательному процессу высококвалифицированных специалистов ИТ-сферы и/или дополнительного профессионального образования в части, касающейся профессиональных компетенций в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, с обязательным участием представителей профильных организаций-работодателей. Возможно привлечение региональных руководителей цифровой трансформации (отраслевых ведомственных и/или корпоративных) к проведению итоговой аттестации, привлечение работников организаций реального сектора экономики субъектов Российской Федерации.

7. УЧЕБНЫЙ ПЛАН

7.1. Объем Программы составляет 252 академических часа.

7.2. Учебный план Программы определяет перечень, последовательность, общую трудоемкость разделов и формы контроля знаний.

	<i>«Яндекс.Документы», Microsoft Excel</i>	
1.2	Работа с данными в электронных таблицах <i>Сортировка, применение фильтров. Условное форматирование. Визуализация данных в электронных таблицах. Построение графиков и диаграмм.</i>	8
1.3	Функции в электронных таблицах <i>Знакомство с функциями. Математические и статистические функции. Логические функции.</i>	8
1.4	Специализированное программное обеспечение для статистического анализа данных <i>Jatovi. Введение. Основные элементы окна. Работа с данными. Основные функции.</i>	8
1.5	Основы работы с данными. <i>Понятие генеральной совокупности и выборки. Типы переменных. Сравнительный анализ количественных признаков. Описательная статистика. Меры центральной тенденции. Меры изменчивости. Доверительные интервалы.</i>	8
1.6	Плотность распределения случайной величины. <i>Оценка распределения. Построение и интерпретация гистограммы. Построение и интерпретация графика QQ-Plot. Проверка на соответствие выборки "нормальному" распределению с помощью теста Шапиро-Уилка;</i>	8
1.7	Сравнение двух выборок. <i>Методы статистической проверки гипотез. Связанные и несвязанные данные. t-критерий Стьюдента для независимых выборок, парный t-критерий Стьюдента;</i>	8
1.8	Непараметрические критерии. <i>Сравнение независимых выборок. Критерий Манна-Уитни. Q критерий Розенбаума. Сравнение парных выборок. Критерий знаков. Критерий Вилкоксона.</i>	8
1.9	Сравнительный анализ качественных признаков. <i>Описательная статистика качественных признаков. Точный критерий Фишера. Таблицы сопряженности, критерий хи-квадрат. Критерий Мак-Нимара для парных измерений.</i>	8
1.10	Корреляционный анализ. <i>Расчет коэффициента парной линейной корреляции Пирсона. Расчет коэффициента ранговой корреляции Спирмена. Интерпретация результатов.</i>	8
1.11	Регрессионный анализ. <i>Виды регрессионных моделей. Критерии оценки качества модели. Коэффициент детерминации. Интерпретация результатов анализа.</i>	8
1.12	Дифференциальная информативность функциональных параметров. <i>Расчет частной и общей дифференциальной информативности функциональных параметров.</i>	6
1.13	Оценка тяжести состояния организма <i>Оценка частной и общей тяжести состояния организма пациента</i>	6

	<i>по нескольким функциональным параметрам.</i>	
	<i>ВСЕГО</i>	100
1.14	Промежуточная аттестация. Тестирование	2
1.15	Промежуточная аттестация. УИРС	6
Модуль 2 «Анализ медицинских данных с помощью языков программирования высокого уровня»		
2.1	Введение в Python <i>Основные принципы и понятия языка Python. Основные встроенные типы данных. Основные операции языка Python. Консольный ввод и вывод.</i>	6
2.2	Алгоритмы <i>Понятие алгоритма, формы записи и свойства алгоритма. Вычислительная сложность алгоритма и методы ее оценки.</i>	6
2.3	Алгоритмы общего назначения <i>Алгоритмы сортировки, поиска максимума, минимума и заданного значения в списке. Быстрые и медленные алгоритмы. Реализация их на языке Python</i>	6
2.4	Управляющие конструкции <i>Алгоритмы. Программные блоки. Логические операторы. Циклы. Условные операторы</i>	6
2.5	Функции <i>Определение функции. Аргументы функции: обязательные, необязательные. Передача аргументов: по значению, по ссылке. Области видимости переменных. Рекурсия</i>	6
2.6	Работа с коллекциями <i>Коллекция. Индексация. tuple. list. Срезы. Списковые включения. Операции над списками.</i>	6
2.7	Организация кода. Работа с файловой системой <i>Модули. Пакеты, файл <code>__init__.py</code>. Зависимости: ключевое слово <code>import</code>, конструкция <code>from ... import ... PYTHONPATH</code>. Точка входа в приложение. Работа с файлами.</i>	6
2.8	Основы объектно-ориентированного программирования (ООП) <i>ООП. Наследование. Полиморфизм. Инкапсуляция. ООП в Python. Метод <code>__init__</code>. Ключевое слово <code>self</code>. Свойства/атрибуты класса. Методы/функции. Наследование в Python. Статические методы, атрибуты класса.</i>	6
2.9	Исключения <i>Инкапсуляция/сокрытие реализации в Python. Обработка исключительных ситуаций. Конструкция: <code>try ... catch ...</code>. Пользовательские классы исключений.</i>	6
2.10	Внешние библиотеки <i>Загрузка и подключение (импорт) внешних библиотек Python. Библиотеки <code>Numpy</code>, <code>Matplotlib</code>, <code>skimage</code>. Их назначение</i>	8
2.11	Статистический, корреляционный и регрессионный анализ данных <i>Методы статистической обработки данных медицинских исследований. Корреляционный анализ (параметрические и непараметрические методы), регрессия (одно- и многофакторная). Реализация на языке Python.</i>	8

		<i>ВСЕГО</i>	70
2.12	Промежуточная аттестация. Тестирование		2
Модуль 3 «Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в здравоохранении»			
3.1	Машинное обучение и искусственный интеллект <i>Современное понятие машинного обучения и искусственного интеллекта. Определение. Основные термины. Классификация алгоритмов.</i>		6
3.2	Визуализация медицинских данных. <i>Представление медицинских данных в виде таблиц. Графическая визуализация исходных данных и результатов их обработки.</i>		6
3.3	Обработка медицинских изображений <i>Типовые методы обработки и анализа изображений (контрастирование, удаление шумов, масштабирование). Алгоритмы определения границ объектов на изображениях. Сегментация.</i>		6
3.4	Искусственные нейронные сети (НС) <i>Понятие НС. Модель нейрона, функция активации. Полносвязанные НС, сверточные и рекуррентные НС и их применение для обработки медицинских данных.</i>		8
3.5	Методы математического моделирования для оценки эпидемиологических ситуаций <i>Математическое моделирование в здравоохранении: базовые понятия математического моделирования, классификация методов. Примеры применения. Имитационное и агентное моделирование эпидемиологических ситуаций – оценка распространения инфекции и нагрузки на медицинские учреждения.</i>		8
		<i>ВСЕГО</i>	34
3.6	Промежуточная аттестация. Тестирование		2
4. Итоговая аттестация			
<i>Форма итоговой аттестации: защита проектной работы (созданного программного продукта)</i>			
4.1	Постановка задачи и выбор алгоритма ее решения		6
4.2	Разработка программного кода и его апробация		24
4.3	Тестирование программного продукта		6
		<i>ВСЕГО</i>	36

9.2. Учебно-тематический план Программы определяет тематическое содержание, последовательность разделов и (или) тем и их трудоемкость.

№ п/п	Наименование раздела(модуля)	Количество часов		
		аудиторных		самостоятельной работы
		Лекции	Семинары	
1.	Основы математического анализа медико-биологических данных	18	50	32

	Промежуточная аттестация	8		
2.	Анализ медицинских данных с помощью языков программирования высокого уровня	18	20	32
	Промежуточная аттестация	2		
3.	Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в здравоохранении	12	12	10
	Промежуточная аттестация	2		
4.	Итоговая аттестация	36		

Образовательные технологии при освоении дисциплины «Цифровые технологии обработки данных в медицине»: интерактивные лекции, практические занятия в компьютерных классах, самостоятельная работа.

10. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ

10.1. Слушатели, успешно выполнившие все элементы учебного плана, допускаются к итоговой аттестации.

В ходе итоговой аттестации определяется уровень сформированности цифровых компетенций, оценивается теоретическая и практическая подготовка обучающегося к использованию современных информационных технологий в медицинских исследованиях и клинической практике.

Итоговая аттестация по программе осуществляется посредством защиты обучающимся итоговой выпускной работы.

Итоговая выпускная работа является завершенным проектом по разработке программного продукта для обработки медицинской информации.

Итоговая выпускная работа оценивается в формате зачтено/незачтено с указанием уровня сформированности цифровых компетенций.

10.2. Лицам, успешно освоившим Программу (в области создания алгоритмов и программ, пригодных для практического применения, или навыков использования и освоения цифровых технологий, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности) и прошедшим итоговую аттестацию в рамках проекта «Цифровые кафедры», выдается

документ о квалификации: диплом о профессиональной переподготовке.

При освоении ДПП ПП параллельно с получением высшего образования диплом о профессиональной переподготовке выдается не ранее получения соответствующего документа об образовании и о квалификации (за исключением лиц, имеющих среднее профессиональное или высшее образование).

10.3. Лицам, не прошедшим итоговую аттестацию или получившим на итоговой аттестации неудовлетворительные результаты, а также лицам, освоившим часть Программы и (или) отчисленным из Университета, выдается справка об обучении или о периоде обучения по образцу, самостоятельно устанавливаемому Университетом.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

11.1. Контроль знаний, полученных слушателями при освоении разделов (модулей) Программы, осуществляется в следующих формах:

- текущий контроль успеваемости – обеспечивает оценивание хода освоения разделов Программы, проводится в форме сдачи отчетов по практическим работам и заданиям для самостоятельной работы;

- промежуточная аттестация – завершает изучение отдельного модуля Программы, проводится в форме компьютерного тестирования и сдачи отчета по УИРС;

- итоговая аттестация – завершает изучение всей программы и осуществляется посредством защиты обучающимся итоговой выпускной работы.

11.2. В ходе освоения Программы каждый слушатель выполняет следующие отчетные работы:

№ п/п	Наименование раздела (модуля)	Задание	Критерии оценки
1.	Основы математического анализа медико-	Отчет по практической работе или заданию для	Обучающийся выполнил задание в

	биологических данных	самостоятельной работы (п.11.3.1)	полном объеме и в установленный срок – Зачтено Обучающийся не выполнил полностью задание и/или не уложился в установленный срок – Незачтено
	Промежуточная аттестация	Компьютерное тестирование (п.11.4.1) УИРС (п.11.4.2)	Набрано при тестировании: более 50% - Зачтено , менее 50% - Незачтено Обучающийся выполнил задание на УИРС в минимально необходимом объеме и в установленный срок – Зачтено Обучающийся не выполнил полностью задание и/или не уложился в установленный срок – Незачтено
2.	Анализ медицинских данных с помощью языков программирования высокого уровня	Отчет по практической работе или заданию для самостоятельной работы (п.11.3.2)	Обучающийся выполнил задание в полном объеме и в установленный срок – Зачтено Обучающийся не выполнил полностью задание и/или не уложился в установленный срок – Незачтено
	Промежуточная аттестация	Компьютерное тестирование (п.11.4.3)	Набрано при тестировании: более 50% - Зачтено , менее 50% - Незачтено
3.	Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в здравоохранении	Компьютерное тестирование(п.11.4.4)	Набрано при тестировании: более 50% - Зачтено , менее 50% - Незачтено
4.	Итоговая аттестация	Итоговая выпускная работа (п.11.5.1.)	Обучающийся выполнил задание в полном объеме и в установленный срок,

			<p>успешно провел защиту проекта, не имеет задолженностей по всем модулям Программы – Аттестован;</p> <p>Обучающийся не выполнил полностью задание и/или не уложился в установленный срок, или имеет задолженности по всем модулям Программы – Неаттестован</p>
--	--	--	---

11.3. Текущий контроль.

11.3.1. Модуль «Основы математического анализа медико-биологических данных». Примеры заданий для оценивания уровня освоения материала в форме практической подготовки:

1. Создать электронную таблицу заданного формата с использованием встроенных математических, логических и статистических функций. Использовать относительные и абсолютные адреса ячеек и диапазонов. Автозаполнение ячеек. Условное форматирование. Сортировку данных. Визуализировать данные с помощью диаграмм и графиков.

2. Создать электронную таблицу заданного формата с использованием встроенных функций вычисления и трансформации данных в специализированном программном обеспечении для статистического анализа данных Jamovi. Продемонстрировать основные команды и функции, основные принципы работы с данными, свойства переменных.

3. Провести разведочный статистический анализ данных. Определить основные описательные статистики. Меры центральной тенденции. Меры изменчивости. Доверительные интервалы.

4. Провести оценку плотности распределения случайной величины. Построить и интерпретировать гистограмму. Построить и интерпретировать график QQ-Plot. Найти коэффициенты асимметрии и эксцесса. Определить критерий Шапиро-Уилка.

5. Провести сравнительный анализ двух выборок с помощью t-критерий Стьюдента для независимых выборок и парного t-критерия Стьюдента.

6. Провести сравнительный анализ двух выборок с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни, Q критерия Розенбаума, критерия знаков и критерия Вилкоксона.

7. Провести сравнительный анализ качественных признаков. Представить описательные статистики качественных случайных величин. Таблицы сопряженности. Сравнить выборки с помощью точного критерия Фишера, критерия Хи-квадрат, критерия Мак-Нимара.

8. Провести статистический анализ зависимостей. Корреляционный анализ. Расчет и интерпретация коэффициента парной линейной корреляции Пирсона. Расчет и интерпретация коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

9. Провести регрессионный анализ. Представить несколько видов регрессионных моделей. Представить критерии оценки качества моделей. Сравнить их.

11.3.2. Модуль «Анализ медицинских данных с помощью языков программирования высокого уровня». Примеры заданий для оценивания уровня освоения материала в форме практической подготовки:

1. Написать программу, считывающую с клавиатуры два числа и вычисляющую минимальное из них.

2. Написать программу, считывающую с клавиатуры три числа и вычисляющую минимальное из них.

3. Написать программу, определяющую является ли введенный с клавиатуры символ буквой.

4. Написать программу, определяющую является ли введенный с клавиатуры символ цифрой.

5. Написать программу считывающую ввод с клавиатуры и формирующую из этих чисел массив. Если вводятся нечисловые значения, то необходимо обрабатывать этот случай.

6. Найти максимальное и минимальное значение в массиве из 10 элементов.

7. Дан массив из 100 чисел. Используйте генератор случайных чисел. Напишите программу, формирующую из этого массива два массива – один с четными числами, другой с нечетными.

8. Дан двумерный массив. $M \times M$ реализуйте приведение матрицы к треугольному виду.

9. Дана матрица $m \times n$. Реализуйте алгоритм перемножения матрицы на число.

10. Даны две матрицы $m \times n$ и $n \times k$. Напишите программу выводящую на экран результат перемножения этих матриц.

11. Создайте класс `Vector2`, описывающую двумерный вектор. Реализуйте методы: скалярное произведение, векторное произведение, вычисление нормального вектора, сложение векторов, произведение вектора на число, расстояние между точками заданными соответствующими векторами.

12. Напишите программу определяющую поворот вектора в двумерном пространстве. Используйте матрицу поворота.

13. Напишите программу выводящую на экран последовательность Фибоначчи. Число элементов последовательности должно вводиться с клавиатуры.

14. Реализуйте программу, описывающую банковский счет конкретного пользователя. На счет можно положить какую-то сумму, снять, узнать баланс счета. Используйте для написания программы ООП.

15. Реализуйте программу, генерирующую 100 случайных чисел, равномерно распределенных в диапазоне $[a; b]$ (a и b – вводятся с клавиатуры).

16. Для 100 чисел предыдущего задания вычислите среднее значение и стандартное отклонение.

17. Для 100 случайных чисел постройте гистограмму распределения.

18. Разработать ПО, формирующего список папок и файлов в указанной папке.

19. Дополнительно к заданию 18 – вывести список папок, содержащих файлы и папки (отсеять пустые папки).

11.4. Промежуточная аттестация.

11.4.1. Модуль «Основы математического анализа медико-биологических данных». Примерная тематика тестовых заданий по модулю:

1. Организация электронной таблицы.
2. Форматирование ячеек.
3. Относительные и абсолютные адреса ячеек и диапазонов.
4. Автозаполнение ячеек. Условное форматирование. Сортировка данных.
5. Использование фильтров.
6. Правила создания функций. Встроенные математические, логические и статистические функции.
7. Диаграммы и графики. Встроенный пакет анализа данных.
8. Специализированное программное обеспечение для статистического анализа данных Jamovi.
9. Основные команды и функции. Организация документа. Основные принципы работы с данными. Свойства переменных. Вычисляемые переменные. Преобразование переменных.
10. Понятие случайной величины. Генеральная и выборочная совокупности. Виды случайных величин. Разведочный статистический анализ данных.

11. Сравнительный анализ количественных случайных величин. Описательные статистики. Меры центральной тенденции. Меры изменчивости. Доверительные интервалы.
12. Плотность распределения случайной величины. Понятие нормального распределения. Его свойства. Правило трех сигм.
13. Оценка плотности распределения случайной величины. Построение и интерпретация гистограммы. Построение и интерпретация графика QQ-Plot. Коэффициенты асимметрии и эксцесса. Критерий Шапиро-Уилка.
14. Методы статистической проверки гипотез. Связанные и несвязанные данные. Сравнение двух выборок. t-критерий Стьюдента для независимых выборок, парный t-критерий Стьюдента.
15. Непараметрические критерии сравнения двух выборок. Сравнение независимых выборок - критерий Манна-Уитни, Q критерий Розенбаума. Сравнение парных выборок - критерий знаков, критерий Вилкоксона.
16. Сравнительный анализ качественных признаков. Описательная статистика качественных случайных величин. Таблицы сопряженности.
17. Сравнение независимых выборок - точный критерий Фишера, критерий хи-квадрат.
18. Сравнение парных измерений - критерий Мак-Нимара.
19. Статистический анализ зависимостей. Корреляционный анализ. Расчет и интерпретация коэффициента парной линейной корреляции Пирсона.
20. Расчет и интерпретация коэффициента ранговой корреляции Спирмена.
21. Регрессионный анализ.
22. Виды регрессионных моделей.
23. Критерии оценки качества регрессионной модели. Коэффициент детерминации. Сравнение двух регрессионных моделей.

11.4.2. Задание УИРС «Корреляционный и регрессионный анализ медико-биологических данных»

Все расчеты по УИРС выполняются по желанию обучающегося в программах Microsoft Excel или Jamovi. Отчет по УИРС оформляется в виде документа Microsoft Word и представляется для проверки преподавателю. Преподаватель, по своему усмотрению, может принимать УИРС дистанционно, в Microsoft Teams, или очно в присутствии исполнителя. При проверке работы преподаватель может задавать дополнительные вопросы по методам, использованным для анализа, или просить обучающегося объяснить ход выполнения работы и сделанные выводы. Максимальное количество баллов за УИРС - 10 баллов.

Цель работы: Дать характеристику связи между двумя количественными признаками на основе результатов математического статистического анализа.

Задание:

1. Согласно выданному варианту, скопировать в отчет исходные данные (2 выборки по 50 исследований в каждой);

2. По каждому параметру представить «Описательную статистику». Отчет должен включать значения следующих статистик: среднее значение, стандартная ошибка среднего значения, медиана, мода, дисперсия, стандартное отклонение, минимум, максимум, размах (диапазон), коэффициент вариации, сумму переменных и их количество. Представить в отчете значение параметра в виде среднего значения и 95% доверительного интервала.

3. Для каждого параметра построить гистограмму, визуально оценить характер плотности распределения исследуемой переменной. Сделать предварительный вывод.

4. Для каждого параметра проверить гипотезу о том, что плотность распределения исследуемой переменной подчиняется закону нормального распределения с помощью коэффициентов асимметрии и эксцесса, и критерия Шапиро-Уилка. Отчет должен включать значения коэффициентов и критерия, анализ полученных результатов, общий вывод о соответствии

плотность распределения исследуемой переменной закону нормального распределения.

5. На основании полученных данных обоснованно выбрать один из методов корреляционного анализа. Провести корреляционный анализ исследуемых параметров. Найти коэффициент корреляции (парной линейной корреляции Пирсона или ранговой корреляции Спирмена). Оценить его статистическую значимость (достоверность). Сделать вывод о статистической значимости найденной корреляции, знаке и величине.

6. Провести регрессионный анализ исследуемых параметров. Найти четыре аппроксимирующие функции (линейную, логарифмическую, степенную и экспоненциальную). Построить четыре диаграммы рассеяния с линиями тренда в соответствии с найденными функциями. На графиках указать заголовок, уравнение функции и значение коэффициента детерминации R^2 . Сделать вывод о качестве аппроксимации и сравнить качество аппроксимации разными функциями.

7. Отчет представить в виде документа Microsoft Word, страницы пронумеровать, сделать титульный лист. Для проверки представить отчет и файл с расчетами (Microsoft Excel или Jamovi).

11.4.3. Модуль «Анализ медицинских данных с помощью языков программирования высокого уровня». Примерная тематика тестовых заданий по модулю:

1. Язык программирования Python: описание и философия.
2. Исходный код на языке Python: кодировка, физические и логические строки, блоки кода.
3. Выражения в языке Python.
4. Идентификаторы, пространства имен и области видимости.
5. Управляющие конструкции: операторы выбора и цикла.
6. Обработка исключений.
7. Функции в языке Python. Лямбда-выражения.

8. Встроенные типы: целочисленный, вещественный, комплексный, логический.
9. Последовательности. Кортежи. Списки. Срезы. Словари.
10. Множества и операции над ними.
11. Файлы и операции над ними.
12. Модули и пакеты.
13. Обзор стандартной библиотеки. Модули sys, os, math, random.
14. Функции преобразования типов.
15. Функции ввода-вывода.
16. Функциональное программирование: определение и основные элементы.
17. Виды параметров функций в Python'e. Параметры по умолчанию.
18. Функции для обработки последовательностей.
19. Списковые включения.
20. Генераторы.
21. Объектно-ориентированное программирование в Python. Объявление класса.
22. Объектно-ориентированное программирование в Python: атрибуты, свойства, сокрытие данных.
23. Типизация, наследование и полиморфизм в языке Python.
24. Алгоритмы. Определение алгоритма.
25. Алгоритмы сортировки, поиска.
26. Методы оптимизации. Их классификация.
27. Графический интерфейс пользователя на языке Python

11.4.4. Модуль «Применение машинного обучения и искусственного интеллекта в здравоохранении». Примерная тематика тестовых заданий по модулю:

1. Понятие искусственного нейрона и искусственной нейронной сети.
2. Функция активации нейрона. Ее разновидности.
3. Обучение нейронной сети (НС). Обратное распространение ошибки.

4. Метрики точности и функция потерь при обучении НС.
5. Полносвязная НС. Скрытые слои сети.
6. Библиотеки функций на языке Python для построения НС.
7. Задачи, решаемые полносвязными НС.
8. Недостатки полносвязных НС.
9. Сверточные НС (СНС). Понятие двумерной свертки.
10. Применение СНС для классификации медицинских изображений.
11. Задачи, решаемые с помощью НС при анализе медицинских изображений.
12. Задача семантической классификации. Ее решение при обработке медицинских изображений.
13. Обнаружение объектов на изображениях методами искусственного интеллекта (ИИ).
14. Решение задач регрессии при анализе медицинской информации методами искусственного интеллекта.
15. Дискриминантный анализ – суть, области применения.
16. Дерево решений.
17. Кластерный анализ.
18. Искусственный интеллект при обработке текстовой информации.
19. Рекуррентные НС.
20. Морфологический и семантический разборы текста методами ИИ.
21. Применение методов ИИ для анализа текстов в медицине.

11.5. Итоговая аттестация.

11.5.1. Примерная тематика проектных работ:

1. Программный продукт для спектрального анализа сигналов ЭЭГ.
2. Программный продукт визуализации медицинских изображений.
3. Разработка базы данных электронных историй болезни кардиологического (или другого) отделения медицинской организации.

4. Разработка программного продукта для сбора и визуализации статистических данных медицинской организации.
5. Математическая модель эпидемиологической ситуации (например, с использованием статистики по заболеваемости населения новой коронавирусной инфекцией COVID-19).
6. Нейронные сети для классификации патологий по изображениям (например, патологии легких по КТ, кожных образований по их фотографии).
7. Программный продукт для автоматического определения границ внутренних органов по данным УЗИ или рентгеновского обследования.
8. Разработка виртуальных лабораторных работ для проведения практических занятий по дисциплине «Медицинская физика».
9. Программный продукт для корреляционного и регрессионного анализа данных медицинского эксперимента.

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОГРАММЫ

12.1. Лицензионное программное обеспечение.

12.1.1. Системное программное обеспечение.

12.1.1.1. Серверное программное обеспечение:

- VMwarevCenterServer 5 Standard, срок действия лицензии: бессрочно; VMwarevSphere 5 EnterprisePlus, срок действия лицензии: бессрочно, дог. № 31502097527 от 30.03.2015 ООО «Крона-КС»;
- WindowsServer 2019 Standard (32 ядра), лицензионное соглашение № V9657951 от 25.08.2020, срок действия лицензий: 31.08.2023 г., корпорация Microsoft;
- ExchangeServer 2007 Standard (лицензия № 42348959 от 26.06.2007, срок действия лицензии: бессрочно);
- SQL ServerStandard 2005 (лицензия № 42348959 от 26.06.2007, срок действия лицензии: бессрочно);

12.1.1.2. Операционные системы персональных компьютеров:

12.1.2. Прикладное программное обеспечение.

12.1.2.1. Офисные программы:

- OfficeStandard 2013 (OpenLicense№ 61293953 от 17.12.2012, № 49472004 от 20.12.2011, № 61822987 от 22.04.2013, № 64496996 от 12.12.2014, № 64914420 от 16.03.2015, срок действия лицензии: бессрочно).

12.1.2.2. Программы обработки данных, информационные системы:

- Программное обеспечение «ТАНДЕМ.Университет» (включая образовательный портал educa.usma.ru) (лицензионное свидетельство № УГМУ/21 от 22.12.2021, срок действия лицензии: бессрочно), ООО «Тандем ИС»;

- МИС «Феникс. Учетный комплекс» (лицензионный договор с ООО «Бит» от 01.08.2012, срок действия: бессрочно).

12.2. Свободно распространяемое программное обеспечение:

12.2.1. Среда разработки программ на языке Python – Jupyter notebook, Google Colab, Pycharm, Spyder;

12.2.2. СУБД PostgreSQL.

12.2.3. Jamovi

12.2.4. Система дистанционного обучения MedSpace на платформе Moodle

12.3. Парк компьютеров в количестве 90 шт.

13. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ.

Основная литература:

1. Буйначев, С.К. Основы программирования на языке Python : учебное пособие / С.К. Буйначев, Н.Ю. Боклаг; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2014. – 92 с.: табл., ил.; [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275962>.

2. Северенс, Ч. Введение в программирование на Python/ Ч. Северенс. – 2-е изд., испр. – Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 231 с.: схем., ил.; [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429184>.

3. Хахаев, И.А. Практикум по алгоритмизации и программированию на Python: курс / И.А. Хахаев. – 2-е изд., исправ. – Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 179 с.: ил. – Библиогр. в кн.; [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429256>.

4. Колдаев, В. Д. Основы алгоритмизации и программирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Колдаев В. Д., Гагарина Л. Г.; под ред. проф. Л. Г. Гагариной. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2017. – 416 с.: ил. – (Профессиональное образование). – URL: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=902236>.

5. Белоцерковская, И. Е. Алгоритмизация. Введение в язык программирования C++ [Электронный ресурс] / И.Е. Белоцерковская, Н.В. Галина, Л.Ю. Катаева. – 2-е изд., испр. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 197 с. : ил. – Режим доступа : <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428935>.

6. Шелупанов, А.А. Информатика. Базовый курс. Ч.3. Основы алгоритмизации и программирования в среде Visual C++ 2005 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.А. Шелупанов, В.Н. Кирнос. – Электрон. дан. – Москва: ТУСУР, 2008. – 216 с. – URL: <https://eianbook.com/book/n796>.

7. Барский А.Б. Введение в нейронные сети / Москва : Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ", 2016. – Режим доступа : https://www.studentlibrary.ru/book/intuit_060.html

Дополнительная литература:

1. Сузи, Р.А. Язык программирования Python: курс / Р.А. Сузи. – 2-е изд., испр. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий,

2007. – 327 с. – (Основы информационных технологий); [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233288>.

2. Sweigart, A. Разработка компьютерных игр на языке Python / А. Sweigart. – 2-е изд., испр. – Москва: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 505 с.: ил.; [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429009>.

3. Буйначев, С.К. Применение численных методов в математическом моделировании: учебное пособие / С.К. Буйначев; науч. ред. Ю.В. Песин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 72 с. : ил. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7996-1197-2 ; URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275957>.

4. Кричевец А.Н., Корнеев А.А., Рассказова Е.И. Основы статистики для психологов. Приложение 1.2. Основы работы в Jamovi [электронный ресурс] URL: https://handbook.mathpsy.com/?page_id=958

5. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А., пер. с англ. А.А. Слинкина Глубокое обучение - 2-е изд., испр. - Москва : ДМК Пресс, 2018. - 652 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970606186.html>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Python Software Foundation. – URL: <http://www.python.org>.

2. Сузи, Р.А. Язык программирования Python : курс / Р.А. Сузи. – 2-е изд., испр. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, 2007. – 327 с. – (Основы информационных технологий); [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=233288>.

3. The jamovi quickstart guide – URL: <https://jamoviguide.com/index.html>

4. Искусственная нейронная сеть – URL:

https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.751c9b81-634b1e51-8f6af0d3-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Neuralnet