



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –**  
**МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»**  
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

**ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЦЕНТР КОМПЕТЕНЦИЙ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе



Е.В. Хохлова

2024 г.

**ПРОГРАММА**

**Профессиональной переподготовки**

**Биоинформатика**

(наименование программы)

Москва, 2024

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ

**1.1. Цель реализации программы:** формирование у слушателей профессиональных компетенций, необходимых для выполнения нового вида профессиональной деятельности, приобретения новой квалификации в области биоинформатики.

Программа реализуется в рамках основной образовательной программы высшего образования 09.03.02 «Информационные системы и технологии», в соответствии с профессиональным стандартом «Специалист по большим данным», утвержденного приказом от 06.07.2020 № 405н Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации», обобщенная трудовая функция А Анализ больших данных с использованием существующей в организации методологической и технологической инфраструктуры.

### **1.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации**

а) **Область профессиональной деятельности** слушателя, прошедшего обучение по программе, включает:

Связь, информационные и коммуникационные технологии.

б) **Объектами профессиональной деятельности** являются информационные системы, базы данных, способы и методы поддержки эффективной работы баз данных.

в) Слушатель, успешно завершивший обучение по программе, должен решать следующие **профессиональные задачи** в соответствии с видом профессиональной деятельности «Создание и применение технологий больших данных»:

– выявление, формирование и согласование требований к результатам аналитических работ с применением технологий больших данных;

– планирование и организация аналитических работ с использованием технологий больших данных;

– подготовка данных для проведения аналитических работ по исследованию больших данных;

– проведение аналитического исследования с применением технологий больших данных в соответствии с требованиями заказчика.

г) **Уровень квалификации** в соответствии с профессиональным стандартом – уровень 6 (А «Анализ больших данных с использованием существующей в организации методологической и технологической инфраструктуры»).

### 1.3. Требования к результатам освоения программы

Слушатель в результате освоения программы должен обладать следующими профессиональными компетенциями в научно-исследовательской и производственно-технологической деятельности:

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения

Квалификация	Перечень компетенций	Знать	Уметь
Специалист по большим данным	Способен выявлять, формировать и согласовывать требования к результатам аналитических работ с применением технологий больших данных	Знать: <i>Инструменты и методы согласования с заказчиками требований к результатам аналитических исследований с использованием технологий больших данных; Предметная область анализа больших данных в соответствии с требованиями заказчика; Теоретические и прикладные основы анализа данных; Типы анализа больших данных, виды аналитики; Теория вероятностей и математическая статистика; Современные методы и инструментальные средства анализа больших данных; Методы интерпретации и визуализации больших данных</i>	Уметь: <i>Подготавливать документы, регламентирующие требования к результатам аналитического исследования с использованием технологий больших данных в соответствии с существующими регламентами организации; Проводить сравнительный анализ методов и инструментальных средств анализа больших данных; Проводить анализ больших данных в соответствии с утвержденными требованиями к результатам аналитического исследования</i>
	Способен планировать и организовывать аналитические работы с использованием технологий больших данных	Знать: <i>Возможности использования свободно распространяемого программного обеспечения для анализа больших данных; Основы планирования аналитических работ; Типы анализа больших данных, виды аналитики; Современные методы и инструментальные средства анализа больших данных; Теория вероятностей и математическая статистика; Методы интерпретации и визуализации анализа больших данных.</i>	Уметь: <i>Представлять содержание и результаты работ по анализу больших данных; Планировать аналитические работы с использованием технологий больших данных; Проводить анализ больших данных</i>

	<p>Способен подготавливать данные для проведения аналитических работ по исследованию больших данных</p>	<p><b>Знать:</b> Предметная область анализа; Теоретические и прикладные основы анализа больших данных; Типы больших данных: метаданные, полуструктурированные, структурированные, неструктурированные; Источники информации, в том числе информации, необходимой для обеспечения деятельности в предметной области заказчика исследования; Технологии хранения и обработки больших данных в организации: базы данных, хранилища данных, распределенная и параллельная обработка данных, вычисления в оперативной памяти;</p>	<p><b>Уметь:</b> Разрабатывать и оценивать модели больших данных; Использовать инструментальные средства для извлечения, преобразования, хранения и обработки данных из разнородных источников, в том числе в режиме реального времени; Производить очистку данных для проведения аналитических работ; Проводить интеграцию и преобразование больших объемов данных.</p>
	<p>Способен проводить аналитическое исследование с применением технологий больших данных в соответствии с требованиями заказчика</p>	<p><b>Знать:</b> Содержание и последовательность выполнения этапов аналитического проекта; Возможности имеющейся у исполнителя методологической и технологической инфраструктуры анализа больших данных; Математическое моделирование; Теоретические и прикладные основы анализа больших данных; Современный опыт использования анализа больших данных; Технологии анализа данных: статистический анализ, семантический анализ, анализ изображений, машинное обучение, методы сравнения средних, частотный анализ, анализ соответствий, кластерный анализ, дискриминантный анализ, факторный анализ, деревья классификации, многомерное шкалирование, моделирование структурными</p>	<p><b>Уметь:</b> Проводить аналитические работы с использованием технологий больших данных, как индивидуально, так и, осуществляя руководство малыми аналитическими группами; Проводить сравнительный анализ методов и инструментальных средств анализа больших данных; Разрабатывать и оценивать модели больших данных; Программировать на языках высокого уровня, ориентированных на работу с большими данными: для статистической обработки данных и работы с графикой, для работы с разрозненными фрагментами данных в больших массивах, для работы с базами структурированных и неструктурированных данных; Решать задачи классификации, кластеризации, регрессии,</p>

		<p>уравнениями, методы анализа выживаемости, временные ряды, планирование экспериментов, карты контроля качества; <b>Нейронные сети:</b> полносвязные, сверточные и рекуррентные нейронные сети, методы обучения нейронных сетей, нейросетевые методы понижения размерности; <b>Статистические модели;</b> <b>Статистический анализ:</b> метод многовариантного тестирования, корреляционный анализ, регрессионный анализ; <b>Статистические методы:</b> параметрические, непараметрические, управляемые, неуправляемые, полуправляемые, кластеризация; <b>Семантический анализ:</b> обработка естественного языка, сентиментный анализ, анализ текста; <b>Алгоритмы машинного обучения:</b> обучение с учителем, обучение без учителя, полуправляемое обучение, обучение с подкреплением; <b>Машинное обучение:</b> классификация, кластеризация, обнаружение выбросов, фильтрация; <b>Методы и модели классификации:</b> логистическая регрессия, деревья решений, предредукция, постредукция, модели, основанные на правилах, вероятностные классификаторы, усиление энтропии информации; <b>Анализ изображений, анализ сетей, анализ пространственных данных, анализ временных рядов; Методы оценки моделей:</b> оценка качества построенной модели по</p>	<p><i>прогнозирования, снижения размерности и ранжирования данных;</i>  <i>Решать проблемы переобучения и недообучения алгоритма;</i>  <i>Оформлять результаты аналитического исследования для представления заказчику</i></p>
--	--	--	--

		<i>тестовой выборке и анализ обобщающих способностей алгоритма</i>	
--	--	--	--

#### **1.4. Требования к уровню подготовки поступающего на обучение, необходимому для освоения программы**

Лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь среднее специальное или высшее образование по направлениям: «Информационные системы и технологии», «Прикладная информатика», «Биотехнология».

#### **1.5. Трудоемкость обучения**

Нормативная трудоемкость обучения по программе переподготовки «Биоинформатика» – 256 часов, включая все виды аудиторной и самостоятельной работы учебной работы слушателя.

Виды занятий	часы
Лекции	56
Практические, лабораторные, семинарские занятия	86
Самостоятельная работа	112
Итоговая аттестация	2
<b>ВСЕГО</b>	<b>256</b>

#### **1.6. Форма обучения**

заочная с применением дистанционных образовательных технологий.

#### **1.7. Режим занятий**

Максимальная учебная нагрузка в часах в неделю при выбранной форме обучения не более 54 часов в неделю, включая все виды аудиторной и самостоятельной работы слушателей.

## **2. СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

### **2.1. Учебный план дополнительной профессиональной программы переподготовки «Биоинформатика»**

Таблица 2 –Учебный план

Наименование разделов и дисциплин (модулей)	Общая трудоемкость, час.	Всего без СРС, час.	Дистанционные занятия, час.			СРС, час.	Текущий контроль, шт.			Промежуточная аттестация	
			лекции	лабораторные работы	практические занятия		РК РГР Реф	КП	КР	зачет	экзамен
1	2	3	7	8	9**	10	11	12	13	14	15
1. Биологическая информация и ее интерпретация	62	28	14		14	34					+
2. Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии	60	30	10		20	30					+
3. Статистическая обработка биологических данных	58	34	14		20	24					+
4. Большие данные и машинное обучение в Python и R	74	50	18		32	24					+
Итоговая аттестация	2										2
Итого	256	142	56	0	86	112	0	0	0	0	0

**2.2. Дисциплинарное содержание программы дополнительной профессиональной программы переподготовки «Биоинформатика»**

**Трудоемкость обучения по дисциплине**  
*«Биологическая информация и ее интерпретация»*

Виды занятий	часы
Лекции	14
Практические, лабораторные, семинарские занятия	14
Самостоятельная работа	34
Промежуточная аттестация	экзамен
<b>ВСЕГО</b>	<b>62</b>

**Учебно-тематический план дисциплины «Биологическая информация и ее интерпретация»**

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
Тема 1 «Предмет биоинформатики. Биологическая информация»	Лекция 1 (2 часа)	Предмет биоинформатики: особенность биоинформационных данных, цели и задачи биоинформатики, перспективы применения биоинформатики. Биологические последовательности: информация в молекулярной биологии и генетике.	Знать особенность биоинформационных данных, цели и задачи биоинформатики, типы биологических последовательностей.
	Практическая работа № 1 (2 часа)	Извлечение информации из банка данных для ее анализа	Уметь находить на сайте NCBI уникальный номер (идентификатор) последовательности, описание последовательности, самой последовательности. Уметь находить на сервисе EMBL-EBI информацию о белке. Уметь получать по сайту KEGG результаты поиска по разным разделам.
	Самостоятельная работа (7 часов)	Поиск информации о биологических последовательностях (ДНК, РНК, белок) и биологических путях в различных базах данных.	Уметь находить необходимую информацию о биологической последовательности (сиквенс, функция, локализация и др.) на различных биоинформатических ресурсах.
Тема 2 «Биоинформатические ресурсы и базы данных»	Лекция 2 (4 часа)	Типы данных в биоинформатике. Базы данных ДНК, РНК, белков, экспрессии, путей, заболеваний,	Знать типы данных в биоинформатике. Базы данных ДНК, РНК, белков, экспрессии, путей, заболеваний, геномные



Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
		геномные браузеры.	браузеры. NCBI, EMBL-EBI, Ensembl, UCSC, GEO DataSets, GEO2R, KEGG, Reactome, UniProt, PDB, Drugbank, Pfam, UGENE.
	Практическая работа № 2 (4 часа)	Поиск научных публикаций в PubMed. Поиск нуклеотидных последовательностей. Работа с форматом FASTA. Работа с EMBL-EBI. Работа с геномными браузерами ENSEMBL, UCSC. Работа с BLAST.	Уметь работать с NCBI: заниматься поиском статей по тематике, связанной с терапией определенного заболевания, поиском нуклеотидных последовательностей, информации о белках (на примере гена белка р53и гена ABO).
	Самостоятельная работа (9 часов)	Программа BLAST (Basic Linear Alignment Sequence Tool)	Уметь находить гомологи биологических последовательностей при разных параметрах алгоритма, определять, к какому белку может принадлежать часть последовательности.
Тема 3 «Выравнивание биологических последовательностей»	Лекция 3 (4 часа)	Парное выравнивание последовательностей: глобальное (алгоритм Нидлмана-Вунша) и локальное (алгоритм Смита-Уотермана) выравнивание. Матрицы замен (PAM, BLOSSUM). Точечная матрица (dot-plot). Множественное выравнивание последовательностей: этапы выравнивания. Clustal Omega, MUSCLE, MAFFT, T-Coffee.	Знать парное выравнивание последовательностей: глобальное (алгоритм Нидлмана-Вунша) и локальное (алгоритм Смита-Уотермана) выравнивание. Матрицы замен (PAM, BLOSSUM). Точечная матрица (dot-plot). BLAST. Множественное выравнивание последовательностей: этапы выравнивания. Clustal Omega, MUSCLE, MAFFT, T-Coffee.
	Практическая работа № 3 (4 часа)	Парное (глобальное и локальное) выравнивание последовательностей.	Уметь выполнять парное глобальное и локальное выравнивание последовательностей с заданными параметрами (матрица замен, штраф за

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
			начало и продолжение гэта), оценивать результаты выравнивания (идентичность, сходство, вес)
	Самостоятельная работа (9 часов)	Использование Clustal Omega, MUSCLE, MAFFT, T-Coffee для прогрессивного множественного выравнивания.	Уметь выполнять множественное выравнивание с использованием различных программ, проводить визуализацию результатов различными способами, сравнивать результаты выравнивания.
Тема 4 «Филогенетический анализ»	Лекция 4 (4 часа)	Определение и гипотезы молекулярной эволюции. Основы филогенетического анализа: элементы филогенетического дерева, особенности строения филогенетических деревьев, подходы к филогенетическому анализу, методы построения филогенетических деревьев, этапы филогенетического анализа.	Знать определение и гипотезы молекулярной эволюции. Основы филогенетического анализа: элементы филогенетического дерева, особенности строения филогенетических деревьев, подходы к филогенетическому анализу, методы построения филогенетических деревьев, этапы филогенетического анализа. Построение филогенетического дерева с помощью MEGA11, MAFFT.
	Практическая работа № 4 (4 часа)	Филогенетический анализ последовательностей. Построение филогенетического дерева с помощью MEGA11, MAFFT.	Уметь строить филогенетическое дерево с помощью MEGA и MAFFT.
	Самостоятельная работа (9 часов)	Проведение филогенетического анализа в программе MEGA11 с использованием различных методов	Уметь проводить филогенетический анализ в программе MEGA11 различными методами, визуализировать результаты различными

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
		(Neighbor-joining, Maximum Likelihood, Minimum Evolution, UPGMA, Maximum Parsimony).	способами, интерпретировать полученные результаты.

Дисциплина 2 «Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии»

**Трудоемкость обучения по дисциплине «Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии»**

Виды занятий	часы
Лекции	10
Практические, лабораторные, семинарские занятия	20
Самостоятельная работа	30
Промежуточная аттестация	экзамен
ВСЕГО	60

**Учебно-тематический план дисциплины «Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии»**

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
Тема 1 «Иерархическая организация структуры белка и алгоритмы ее предсказания»	Лекция 1 (2 часа)	Первичная структура белка, как последовательность аминокислот, соединенных пептидной связью. Особенности пептидной связи. Вторичная структура белка – $\alpha$ -спирали, -складки и $\beta$ -повороты. Третичная структура белка и роль слабых взаимодействий в формировании третичной	Знать: иерархическую организацию структуры белка и особенности формирования каждой из структур; классификацию алгоритмов предсказания трехмерных структур белка

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
		структуры белка. Алгоритмы, предсказывающие трёхмерную структуру белка.	
	Практическая работа № 1 (4 часа)	Предсказание структур белка с использованием AlphaFold 2.	Уметь: предсказывать структуру белка с использованием AlphaFold 2. Производить оценку точности предсказания структуры.
	Самостоятельная работа (6 часов)	Структурные мотивы и домены. Классификация структурных доменов в соответствии с Structural Organization of Proteins (SCOP). Использование баз данных в предсказании трёхмерной структуры белка. Компьютерное моделирование трёхмерной структуры белка на основе аминокислотной последовательности.	Уметь: использовать классификацию SCOP; осуществлять поиск структур в базе данных PDB; использовать инструменты базы данных PDB
Тема 2 «Секвенирование генов и геномов и анализ данных секвенирования»	Лекция 2 (2 часа)	Обзор методов секвенирования ДНК и РНК. Секвенирование по Сэнгеру. Next-generation Sequencing. Применение методов секвенирования в исследованиях.	Знать: современные методы секвенирования нуклеиновых кислот.
	Практическая работа № 2 (4 часа)	Секвенирование генов и геномов и анализ данных секвенирования	Знать: Основные этапы анализа данных NGS и используемые на каждом этапе программные инструменты
	Самостоятельная работа (6 часов)	Выбор стратегии секвенирования. Полногеномное секвенирование в	Знать: основные направления использования биоинформатики

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
		сравнительной геномике и эволюционной биологии. Вычислительные методы в сравнительной геномике и эволюционной биологии.	Уметь: выбирать платформу для секвенирования в соответствии с поставленными задачами
Тема 3 «Молекулярная структура генов и их хромосомная организация. Алгоритмы поиска генов и установления их структуры»	Лекция 3 (2 часа)	Основные типы последовательностей ДНК в геноме. Структура генов эукариот и прокариот. Молекулярные маркеры. Структура хромосом. Поиск генов с помощью компьютерных алгоритмов: вероятностный и дискриминационный подходы.	Знать: структуру геномов и генов эукариот, направления применения молекулярных маркеров, методы картирования генов
	Практическая работа № 3 (4 часа)	Молекулярная структура генов и их хромосомная организация	Поиск генов с помощью компьютерных алгоритмов: вероятностный и дискриминационный подходы.
	Самостоятельная работа (6 часов)	Вычислительные методы в распознавании промоторов.	Знать: основные инструменты для анализа структуры генов
Тема 4 «Регуляция экспрессии генов биоинформатические ресурсы для ее изучения»	Лекция 4 (2 часа)	Регуляция экспрессии генов на уровне транскрипции и ее структурные основы. Посттранскрипционная регуляция экспрессии генов. Регуляция экспрессии генов у бактерий. Регуляция экспрессии генов у эукариот.	Знать: общие принципы регуляции экспрессии генов на разных уровнях
	Практическая работа № 4 (4 часа)	Регуляция экспрессии генов	Знать: факторы, вызывающие изменения в экспрессии генов у различных организмов
	Самостоятельная	Алгоритмические подходы к кластеризации	Уметь: использовать алгоритмы и

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
	работа (6 часов)	данных об экспрессии генов. Биоинформатические ресурсы в изучении регуляции экспрессии генов.	биоинформатические ресурсы для изучения экспрессии генов
Тема 5 «РНК-интерференция и микроРНК и вычислительные методы в РНК-интерференции»	Лекция 5 (2 часа)	Механизм и применение РНК-интерференции. Специфичность РНК-интерференции. Вычислительные методы в РНК-интерференции.	Знать: принцип РНК интерференции
	Практическая работа № 5 (4 часа)	Дизайн РНК с использованием RNARedPrint	Уметь: планировать эксперимент с использованием РНК-интерференции; осуществлять дизайн гидовой РНК с использованием RNARedPrint
	Самостоятельная работа (6 часов)	Проблемы вычислений и моделирования экспериментов с использованием РНК-интерференции. Вычислительные методы для микроРНК. Компьютерное прогнозирование генов и мишеней микроРНК.	Уметь: осуществлять компьютерное прогнозирование генов и мишеней микроРНК с помощью доступных программных инструментов

Дисциплина 3 «Статистическая обработка биологических данных»

**Трудоёмкость обучения по дисциплине «Статистическая обработка биологических данных»**

Виды занятий	часы
Лекции	14
Практические, лабораторные, семинарские занятия	20
Самостоятельная работа	24
Промежуточная аттестация	экзамен
ВСЕГО	58

**Учебно-тематический план дисциплины «Статистическая обработка биологических данных»**

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
Тема 1 «Проверка статистических гипотез»	Лекция 1 (2 часа)	Проверка статистических гипотез, основные критерии для проверки статистических гипотез, непараметрические и параметрические критерии, мощность критерия, ошибка первого и второго рода	Знать: статистические гипотезы, применительно к биологическим исследованиям. Уровень значимости, мощность критерия. Критерии согласия $\chi^2$ -Пирсона, Колмогорова-Смирнова. t-критерий Стьюдента для анализа биологических данных.
	Практическая работа № 1 (4 часа)	Проверка гипотезы о соответствии фактического распределения закону нормального распределения в STATISTICA	Иметь навыки: проверки статистических гипотез о соответствии фактического распределения закону нормального распределения в STATISTICA
	Самостоятельная работа (6 часов)	Особенности формулировки статистических гипотез в зависимости от целей исследования и характера выборочных данных. Классификация критериев и область их применения. Проверка статистических гипотез относительно средних величин по критериям t нормального распределения и t-Стьюдента	Знать: особенности формулировки статистических гипотез в зависимости от целей исследования и характера; Уметь: проводить проверку статистических гипотез относительно средних величин по критериям t нормального распределения и t-Стьюдента
Тема 2 «Дисперсионный анализ»	Лекция 2 (2 часа)	Дисперсионный анализ. Конкретизация дисперсионного анализа. Интерпретация результатов дисперсионного анализа.	Знать: Основные понятия дисперсионного анализа. Общая, факторная и остаточная дисперсия. Однофакторный дисперсионный анализ.

			Двухфакторный дисперсионный анализ.
	Практическая работа № 2 (4 часа)	Дисперсионный анализ в STATISTICA	Иметь навыки: Проведения дисперсионного анализа в STATISTICA
	Самостоятельная работа (6 часов)	Модели дисперсионного анализа.	Знать: типы моделей дисперсионного анализа: модели с постоянным (фиксированным) эффектом факторов; модели со случайным эффектом факторов; модели со смешанным эффектом факторов. Уметь: строить различные модели дисперсионного анализа
Тема 3 «Корреляционно-регрессионный анализ»	Лекция 3 (4 часа)	Корреляционный анализ. Корреляция рангов. Регрессионный анализ. Предпосылки метода наименьших квадратов. Гетероскедастичность и автокорреляция остатков.	Знать: Корреляционный анализ. Корреляция рангов. Регрессионный анализ. Предпосылки метода наименьших квадратов. Гетероскедастичность и автокорреляция остатков.
	Практическая работа № 3 (6 часов)	Корреляционный анализ, корреляция рангов. Регрессионный анализ. Визуализация результатов регрессионного анализа. Особенности реализации в STATISTICA	Иметь навыки: проведения корреляционно-регрессионного анализа
	Самостоятельная работа (6 часов)	Нелинейные модели регрессии, преобразование данных, логарифмирование. Взвешенный метод наименьших квадратов	Знать: Нелинейные модели регрессии, преобразование данных, логарифмирование. Взвешенный метод наименьших квадратов
Тема 4 «Многомерные статистические методы»	Лекция 4 (6 часов)	Многомерные статистические методы. Многомерные средние. Кластерный, факторный, дискриминантный анализ	Знать: Назначение кластерного анализа. Функции близости. Алгоритмы объединения. Иерархический кластерный анализ. Метод К- средних. Методы установления центров тяжести.
	Практическая работа № 4	Применение многомерных статистических методов:	Уметь: проводить кластерный, факторный, дискриминантный анализ



	(6 часов)	кластерный, факторный, дискриминантный анализ в STATISTICA	в STATISTICA
	Самостоятельная работа (6 часов)	Расчет многомерной средней	Знать: способы преобразования абсолютных значений признаков в относительные Уметь: определять многомерную среднюю

Дисциплина 4 «*Большие данные и машинное обучение в Python и R*»

**Трудоёмкость обучения по дисциплине «*Большие данные и машинное обучение в Python и R*»**

Виды занятий	часы
Лекции	18
Практические, лабораторные, семинарские занятия	32
Самостоятельная работа	24
Промежуточная аттестация	экзамен
ВСЕГО	74

**Учебно-тематический план дисциплины «*Большие данные и машинное обучение в Python и R*»**

Наименование тем	Виды учебных занятий (количества ак. часов)	Содержание	Планируемый результат
Тема 1 «Роль и место больших данных»	Лекция 1 (2 часа)	Роль и место больших данных	Знать: понятие большие данные, основные характеристики больших данных
	Практическая работа № 1 (2 часа)	Очистка данных	Иметь навыки: получения и фильтрации, извлечения, проверки, очистки, агрегации и разработки представления больших объемов данных из гетерогенных источников для обучения моделей искусственных нейронных сетей средствами языка

			программирования Python; оценки соответствия набора данных предметной области и задачам аналитических работ.
	Самостоятельная работа (6 часов)	Очистка данных	Иметь навыки: применения библиотеки Pandas для удаления выбросов в данных, сортировки и группировки данных по определенным критериям, подсчета частот и экспорта данных из различных форматов
Тема 2 «Методы обработки больших данных»	Лекция 2 (2 часа)	Методы обработки больших данных	Знать: Нейросетевой анализ, Интеллектуальный анализ данных (Data Mining), Машинное обучение
	Практическая работа № 2 (4 часа)	Разработка проекта анализа больших данных	Иметь навыки: изучить основные этапы разработки проекта анализа больших данных: назначение цели исследования, сбор данных, подготовка данных, исследование данных, моделирование данных и построение модели, отображение и автоматизация
	Самостоятельная работа (6 часов)	Источники больших данных. Возможности и трудности использования больших данных.	Иметь навыки: определения источников больших данных в сельском хозяйстве, идентификации внешних и внутренних источников данных.
Тема 3 «Методы машинного обучения в Python»	Лекция 3 (2 часа)	Исследовательский анализ данных методами машинного обучения	Знать: применение методов машинного обучения. Сбор данных и их очистка. Важнейшие библиотеки Python для машинного обучения. Исследовательский анализ данных методами машинного обучения. Этап моделирования. Отображение и презентация результатов применения методов

			машинного обучения.
Практическая работа № 3 (2 часа)	Общая схема реализации методов машинного обучения в Python		Уметь: загружать данные в Spyder, «чистить» данные (если требуется), рассчитывать описательную статистику (Descriptive statistics), строить гистограмму по переменной «Prices».
Лекция 4 (4 часа)	Реализация основных методов машинного обучения в Python		Знать: Задачи регрессии, кластеризации и классификации в Python (регрессия МНК, логистическая регрессия, кластерный анализ, метод выявления скрытых переменных и др.).
Практическая работа № 4 (6 часов)	Реализация основных методов машинного обучения в Python		Уметь: строить probit-модель, предельный эффект факторов, включенных в модель. Проводить кластерный анализ больших данных в Python. Применять метод k-средних и иерархическую классификацию. Выбирать оптимальный способ.
Лекция 5 (4 часа)	Введение в нейросетевое моделирование на Python		Знать: Понятие нейронной сети. Персептрон. Определение, реализация и обучение. Адаптивный линейный нейрон. Определение, реализация и обучение. Метод градиентного спуска. Стохастический градиентный спуск в адаптивном линейном нейроне. Динамическое обучение на больших данных.
Практическая работа № 5 (6 часов)	Нейросетевое моделирование на Python		Уметь: Разрабатывать программы, в которых будет производиться: считывание файлов с исходными данными, представление исходных данных в виде матриц. Реализовывать матрицу

			<p>весовых коэффициентов, изначально заполняющуюся случайными значениями в определенном диапазоне. Создавать функцию формирования нейронной сети и функцию обучения нейронной сети. Разбивать наборы данных на две части: обучающую и тестовую. Обучать нейронную сеть. Применять нейронную сеть для решения задачи классификации. Автоматизировать процесс разбиения наборов данных на обучающую и тестовую части. Создавать функцию определения времени обучения нейронной сети, функцию формирования графика ошибок обучения нейронной сети. Обучать и применять нейронную сеть, используя вышеуказанные функции. Изменять конфигурацию разработанной нейронной сети, изменив: гиперпараметры, функцию активации, топологию нейронной сети. После каждого изменения применять нейронную сеть и оценивать ее качество. Создавать сводную таблицу, содержащую как минимум 5 различных конфигураций нейронной сети и оценки качества каждой конфигурации.</p>
	Самостоятельная работа (6 часов)	Построение probit- и logit- моделей	<p>Уметь: обрабатывать агробиотехнологические данные с бинарной целевой переменной. Строить probit- и logit- модели, позволяющие</p>

			прогнозировать вероятность наступления события и определять предельный эффект факторов, включенных в модель.
Тема 4 «Методы машинного обучения в R»	Лекция 6 (2 часа)	Введение в машинное обучение в R	Знать: отличия языков программирования Python и R для задач машинного обучения. Важнейшие библиотеки R для предобработки, визуализации данных и реализации методов машинного обучения.
	Практическая работа № 6 (6 часов)	Методы машинного обучения в R	Уметь: Загружать исходные данные в RStudio. Строить уравнение парной линейной регрессии. делать прогноз по уравнению. Строить множественное уравнение линейной регрессии. Делать прогноз по уравнению. Выводить результаты регрессии. Оформлять отчет с выводами.
	Лекция 7 (2 часа)	Построение моделей машинного обучения в R	Знать: Задачи регрессии, кластеризации и классификации в R (регрессия МНК, логистическая регрессия, кластерный анализ, метод выявления скрытых переменных и др.).
	Практическая работа № 7 (6 часов)	Построение моделей машинного обучения в R	Уметь: обрабатывать агротехнологические данные. Применять метод машинного обучения: «Дерево решений» и «Случайный лес» для регрессионного анализа имеющихся данных с помощью языка программирования R, строить модель классификации, используя Байесовскую (наивную) классификацию в RStudio, строить модель

			классификации методом ближайшего соседа в RStudio «Методы поиска ассоциативных правил». Иерархические методы в кластерном анализе Неиерархические методы в кластерном анализе
	Самостоятельная работа (6 часов)	Кластерный анализ Дискриминантный анализ.	Уметь: реализовывать кластерный анализ с применением необходимых библиотек языка программирования R.

### 3. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

#### 3.1. Материально-технические условия реализации программы

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
Аудитория № 106	практические занятия	1. Стол наборный – 1 шт. 2. Стол компьютерный – 15 шт. 3. Стул – 25 шт. 4. Компьютер – 16 шт.
Аудитория № 302	практические занятия, лекции	1. Кондиционер HAIER HSU -24HPL03/R3 – 1 шт. 2. Вешалка д/смотр.кабин.напольн. – 2 шт. 3. Компьютер – 17 шт. 4. Стол компьютерный – 16 шт. 5. Стол для преподавателя – 1 шт. 6. Кресло офисное Бюрократ - 17 шт. 7. Телевизор – 1 шт.

Лекции по программе переподготовки проводятся в дистанционном режиме с использованием специализированного оборудования, информационных технологий, обеспечивающих высокое качество разработки современного информационно-методического обеспечения лекционных, практических занятий и самостоятельной работы слушателей.

Материалы курса размещены на учебно-методическом портале Университета (sdo.timacad.ru).

### 3.2. Учебно-методическое обеспечение программы

Основная литература, рекомендуемая при освоении дисциплин *«Биологическая информация и ее интерпретация»* и *«Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии»*:

1. Баженова, И. А. Основы молекулярной биологии. Теория и практика : учебное пособие для вузов / И. А. Баженова, Т. А. Кузнецова. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 140 с. — ISBN 978-5-507-44783-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/242981> (дата обращения: 09.02.2024).

2. Ершов, Ю. А. Биохимия : учебник и практикум для вузов / Ю. А. Ершов, Н. И. Зайцева ; под редакцией С. И. Щукина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07505-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511971> (дата обращения: 09.02.2024)

3. Комов, В. П. Биохимия : учебник для вузов / В. П. Комов, В. Н. Шведова ; под общей редакцией В. П. Комова. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 684 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13939-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/519746> (дата обращения: 09.02.2024)

4. Конищев, А. С. Молекулярная биология : учебник для вузов / А. С. Конищев, Г. А. Севастьянова, И. Л. Цветков. — 5-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 422 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13468-1. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517095> (дата обращения: 09.02.2024)

5. Прошкина, Е. Н. Молекулярная биология: стресс-реакции клетки : учебное пособие для вузов / Е. Н. Прошкина, И. Н. Юранева, А. А. Москалев. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 101 с.

Дополнительная литература, рекомендуемая при освоении дисциплины *«Биологическая информация и ее интерпретация»* и *«Цифровые технологии в биохимии и молекулярной биологии»*:

1. Биология в 2 ч. Часть 1 : учебник для вузов / В. Н. Ярыгин [и др.] ; под редакцией В. Н. Ярыгина, И. Н. Волкова. — 7-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 427 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-04092-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512651> (дата обращения: 09.02.2024).

2. Биотехнология : учебник и практикум для вузов / под редакцией Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 384 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-

5-534-16026-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/530288> (дата обращения: 09.02.2024).

3. Калашникова, Е. А. Клеточная инженерия растений : учебник и практикум для вузов / Е. А. Калашникова. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 333 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11790-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513675> (дата обращения: 09.02.2024)

4. Основы биотехнологии. Практикум: учебное пособие / Е.А. Калашникова, М.Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян и др. — М.: КНОРУС, 2023. — 160 с.

5. Основы биотехнологии: учебное пособие / Е.А. Калашникова, М.Ю. Чередниченко, Р.Н. Киракосян. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: КНОРУС, 2023. — 278 с.

6. Регуляторы роста растений (с практикумом): учебник / Е.А. Калашникова, Н.П. Карсункина, М.Ю. Чередниченко и др. — М.: КНОРУС, 2023. — 346 с.

Основная литература, рекомендуемая при освоении дисциплины «*Статистическая обработка биологических данных*»:

1. Попова, В. Б. Статистический анализ и прогнозирование с использованием пакетов прикладных программ : учебное пособие / В. Б. Попова, И. В. Фецкович. — Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2022. — 147 с. — ISBN 978-5-94664-432-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/253565> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Есенин, М. А. Статистическое программное обеспечение : учебное пособие / М. А. Есенин. — Москва : РГУ МИРЭА, 2022. — 70 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218453> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Кремер, Н. Ш. Математическая статистика : учебник и практикум для вузов / Н. Ш. Кремер. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 259 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01654-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511953> (дата обращения: 09.02.2024).

4. Математическая статистика: учебник. Рекомендовано Федеральным УМО по сельскому, лесному и рыбному хозяйству в качестве учебника для бакалавров по укрупненной группе специальностей 35.00.00 «Сельское, лесное и рыбное хозяйство» / А. П. Зинченко [и др.]; ред.: А. В. Уколова, А. П. Зинченко; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 199 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — URL:



<http://elib.timacad.ru/dl/local/umo241.pdf>>. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. - <https://doi.org/10.34677/2018.241>. —

5. Математическая статистика: практикум / О. Б. Тарасова [и др.]; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2018 — 91 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. . — URL:<http://elib.timacad.ru/dl/local/umo122.pdf>>.

6. Мастицкий С.Э. Методическое пособие по использованию программы STATISTICA при обработке данных биологических исследований. Минск: РУП «Институт рыбного хозяйства», 2009. 76 с.

Дополнительная литература, рекомендуемая при освоении дисциплины «*Статистическая обработка биологических данных*»:

1. Гашев, С. Н. Математические методы в биологии: анализ биологических данных в системе Statistica : учебное пособие для вузов / С. Н. Гашев, Ф. Х. Бетляева, М. Ю. Лупинос. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 207 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02265-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492334> (дата обращения: 09.02.2024).

2. Реброва О.Ю. Статистический анализ медицинских данных. Применение прикладных программ STATISTICA. М.: МедиаСфера, 2002. 312 с.

3. Трушков, А.С. Статистическая обработка информации. Основы теории и компьютерный практикум + CD : учебное пособие / А.С. Трушков. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 152 с. — ISBN 978-5-8114-4322-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://reader.lanbook.com/book/126947#1> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Яковлев, В. Б. Статистика. Расчеты в Microsoft Excel : учебное пособие для вузов / В. Б. Яковлев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 353 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01672-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/viewer/statistika-raschety-v-microsoft-excel-471895#page/1>

Основная литература, рекомендуемая при освоении дисциплины «*Большие данные и машинное обучение в Python и R*»:

1. Воронов, М. В. Системы искусственного интеллекта : учебник и практикум для вузов / М. В. Воронов, В. И. Пименов, И. А. Небаев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 256 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14916-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/519916> (дата обращения: 09.02.2024).

2. Галиновский, Н. Г. Введение в программирование на языке R : учебное пособие / Н. Г. Галиновский. — Гомель : ГГУ имени Ф. Скорины, 2022. — 222 с. — ISBN 978-985-577-826-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/320945> (дата обращения: 09.02.2024).

3. Гришин, В. А. Основы программирования на языке R : учебно-методическое пособие / В. А. Гришин. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. — 67 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191498> (дата обращения: 09.02.2024).

4. Лебедев, А. С. Методы Big Data : учебно-методическое пособие / А. С. Лебедев, Ш. Г. Магомедов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 91 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/182452> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Митина, О. А. Языки программирования для статистической обработки данных (R) : учебное пособие / О. А. Митина. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/163912> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Новиков, Ф. А. Символический искусственный интеллект: математические основы представления знаний : учебное пособие для вузов / Ф. А. Новиков. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 278 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00734-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512382> (дата обращения: 09.02.2024).

7. Платонов, А. В. Машинное обучение : учебное пособие для вузов / А. В. Платонов. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 85 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15561-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/520544> (дата обращения: 09.02.2024).

8. Тарланов, А. Т. Основы языка программирования Python : учебно-методическое пособие / А. Т. Тарланов, Ш. Г. Магомедов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2019. — 107 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/171465> (дата обращения: 09.02.2024).

9. Торадзе, Д. Л. Информатика : учебное пособие для вузов / Д. Л. Торадзе. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 158 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15041-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/519865> (дата обращения: 09.02.2024).

10. Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python : учебное пособие для вузов / Д. Ю. Федоров. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 214 с. — (Высшее

образование). — ISBN 978-5-534-15733-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515076> (дата обращения: 09.02.2024).

11. Чернышев, С. А. Основы программирования на Python : учебное пособие для вузов / С. А. Чернышев. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 286 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14350-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/519949> (дата обращения: 09.02.2024).

Дополнительная литература, рекомендуемая при освоении дисциплины «*Большие данные и машинное обучение в Python и R*»:

1. Бессмертный, И. А. Системы искусственного интеллекта : учебное пособие для вузов / И. А. Бессмертный. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 157 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07467-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/512657> (дата обращения: 09.02.2024).

2. Вьюгин, В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования : учебное пособие / В. В. Вьюгин. — Москва : МЦНМО, 2014. — 304 с. — ISBN 978-5-4439-2014-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/56397> (дата обращения: 09.02.2024).

3. Демидова, Л. А. Интеллектуальный анализ данных на языке Python : учебно-методическое пособие / Л. А. Демидова. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218693> (дата обращения: 09.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Зыков, С. В. Программирование : учебник и практикум для вузов / С. В. Зыков. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 320 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02444-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511712> (дата обращения: 09.02.2024).

5. Лекун, Я. Как учится машина: Революция в области нейронных сетей и глубокого обучения / Я. Лекун. — Москва : Альпина Паблишер, 2021. — 351 с. — ISBN 978-5-907470-52-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213980> (дата обращения: 09.02.2024).

Интернет-ресурсы:

1. <https://www.python.org/doc/> - справочник по Python.
2. <https://www.r-project.org/> - справочник по Python.
3. <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/default+of+credit+card+clients> - открытый репозиторий данных для машинного обучения
4. <https://docs.knime.com/> - справочник по Knime

#### 4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

Оценка качества освоения программы включает текущую, промежуточную и итоговую аттестацию обучающихся.

Итоговая аттестация проводится в форме итогового тестирования. Слушатель считается аттестованным при положительном оценивании итогового тестирования (не менее 15 правильных ответов на тестовые задания из 30 предложенных)

#### 5. СОСТАВИТЕЛИ ПРОГРАММЫ

Чердниченко М.Ю., канд.биол.наук, доцент (раздел 1)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Поливанова О.Б., канд.биол.наук, доцент (раздел 2)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Уколова А.В., канд.экон.наук, доцент (раздел 3, тема 3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Демичев В.В., канд.экон.наук, доцент (раздел 4, темы 1-3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Кагирова М.В., канд.экон.наук., доцент (раздел 3, тема 1)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Маслакова В.В., канд.экон.наук, доцент (раздел 3, тема 4)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Романцева Ю.Н., канд.экон.наук, доцент (раздел 3, тема 2)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

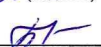
Дашиева Б.Ш., канд.экон.наук, доцент (раздел 3, тема 4)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)


Ульянкин А.Е., ассистент (раздел 4, тема 3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Быков Д.В., ассистент (раздел 4, тема 3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

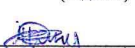
Джикия М.К., ассистент (раздел 3, тема 1)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Токарев В.С., ассистент (раздел 4, тема 4)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)


Титов А.Д., ассистент (раздел 4, тема 4)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Козлов К.А., ассистент (раздел 3, тема 3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Невзоров А.С., ассистент (раздел 4, тема 2)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Храмов Д.Э., ассистент (раздел 4, тема 3)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Бодур А.М., ассистент (раздел 4, тема 1)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Анохин И.А., ассистент (раздел 3, тема 2)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

Утверждено на кафедре статистики и кибернетики Института экономики и управления АПК

Протокол № 05 от «15» февраля 2024 г.

И.о. зав. кафедрой

статистики и кибернетики  / А.В. Уколова /