

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Хоружий Людмила Ивановна

Должность: директор института экономики и управления АПК

Дата подписания: 15.07.2026 15:01:48

Уникальный идентификационный ключ:

1e90b132d9b04dce67585160b015dddf2cb1e6a9



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)

Институт экономики и управления АПК  
Кафедра статистики и кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
экономики и управления АПК  
Л.И. Хоружий  
«28» августа 2025 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.О.18 Многомерные статистические методы

для подготовки бакалавров

ФГОС ВО

Направление: 09.03.02 «Информационные системы и технологии»

Направленности:

«Большие данные и машинное обучение»

«Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»

Курс 3

Семестр 6

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Москва, 2025

Разработчик: Дашиева Б.Ш., канд. экон. наук  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

«26» августа 2025 г.

Рецензент: Вахрушева И.А., канд. пед. наук  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

«26» августа 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, компетентно-стно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, профессионального стандарта и учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

Программа обсуждена на заседании кафедры статистики и кибернетики протокол №11 от «26» августа 2025 г.

И.о. зав. кафедрой

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



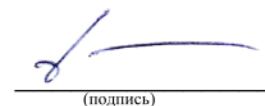
(подпись)

«26» августа 2025 г.

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической комиссии  
института экономики и управления АПК

Гупалова Т.Н., канд. экон. наук, доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Протокол №1

«28» августа 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой  
статистики и кибернетики

Уколова А.В., канд. экон. наук, доцент  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)



(подпись)

«28» августа 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ



(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>АННОТАЦИЯ.....</b>                                                                                                                                          | <b>4</b>  |
| <b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                                                                                                                        | <b>5</b>  |
| <b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....</b>                                                                                                            | <b>5</b>  |
| <b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....</b>            | <b>6</b>  |
| <b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                                                                              | <b>12</b> |
| 4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ .....                                                                                                 | 12        |
| ПО СЕМЕСТРАМ .....                                                                                                                                             | 12        |
| 4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                                                                                 | 12        |
| 4.3 ЛЕКЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....                                                                                                                         | 15        |
| <b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....</b>                                                                                                                     | <b>20</b> |
| <b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>                                                         | <b>20</b> |
| 6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....                          | 20        |
| 6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ .....                                                                    | 34        |
| <b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                                                                                     | <b>37</b> |
| 7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....                                                                                                                                  | 37        |
| 7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА.....                                                                                                                             | 37        |
| 7.3 СТАТЬИ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ 1 УРОВНЯ БЕЛОГО СПИСКА НАУЧНЫХ ЖУРНАЛОВ МИНОБРНАУКИ РОССИИ И СБОРНИКАХ НАУЧНЫХ РАБОТ КОНФЕРЕНЦИЙ УРОВНЯ А* ..... | 38        |
| <b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                                       | <b>39</b> |
| <b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ.....</b>                                                                            | <b>39</b> |
| <b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>                                   | <b>39</b> |
| <b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>                                                                                     | <b>41</b> |
| РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                                                                             | 41        |
| ВИДЫ И ФОРМЫ ОТРАБОТКИ ПРОПУЩЕННЫХ ЗАНЯТИЙ .....                                                                                                               | 42        |
| <b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>                                                                 | <b>42</b> |

## **Аннотация**

**рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.18 «Многомерные статистические методы» для подготовки бакалавра по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направлениям «Большие данные и машинное обучение», «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»**

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины «Многомерные статистические методы» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области применения многомерных статистических методов для анализа данных, в том числе в аграрном секторе экономики, с использованием цифровых технологий и инструментов.

**Место дисциплины в учебном плане:** дисциплина включена в обязательную часть блока 1 учебного плана по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Дисциплина осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): УК-1 (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3); ОПК-1 (ОПК-1.1; ОПК-1.2), ПККрмий-6 (МФ-1. Продвинутый уровень).2.

**Краткое содержание дисциплины:** Содержание многомерных статистических методов. Многомерные средние. Иерархический кластерный анализ. Метод k-средних при реализации кластерного анализа. Меры близости: евклидово расстояние, квадрат евклидова расстояния, расстояние городских кварталов, расстояние Чебышева, степенное расстояние, расстояние Минковского. Методы объединения: одиночной связи, полной связи, невзвешенных и взвешенных попарных средних. Взвешенный и невзвешенный центроидный метод, метод Варда. Сущность и назначение факторного анализа. Общность и характерность. Факторные нагрузки, их содержание. Определение факторов, метод главных компонент (PCA) и центроидный метод. Определение числа факторов. Вращение матрицы факторных нагрузок, его цель Методы вращения: варимакс, квартимакс, биквартимакс, эквимакс. Дискриминантный анализ, его назначение. Группирующие и дискриминантные переменные. Критерий  $\lambda$  - Уилкса. Модель MANOVA. Пост-хок анализ. Поправки на множественные сравнения (Бонферрони). Общий алгоритм канонического анализа. Анализ канонических переменных. Содержание и общий алгоритм ковариационного анализа. Метрическое МШ (Classical MDS, CMDS). Неметрическое МШ (Non-metric MDS, NMDS). Взвешенное МШ (Weighted MDS). Многомерное нормальное распределение. Многомерное распределение Стюдента. Параметрические модели. Непараметрические модели. Байесовский подход.

**Общая трудоемкость дисциплины:** 108 часов / 3 зач.ед.

**Промежуточный контроль:** зачет с оценкой.



## **1. Цель освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины «Многомерные статистические методы» является освоение студентами теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области применения многомерных статистических методов для анализа данных, в том числе в аграрном секторе экономики, с использованием цифровых технологий и инструментов.

## **2. Место дисциплины в учебном процессе**

Дисциплина «Многомерные статистические методы» включена в обязательную часть дисциплин блока 1 учебного плана. Дисциплина «Многомерные статистические методы» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, профессионального стандарта, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» (направленности «Большие данные и машинное обучение», «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта»).

Дисциплина «Многомерные статистические методы» позволяет уяснить содержание, условия и практику применения методов многомерного анализа в современных исследованиях. Дается оценка достоинств и ограничений основных методов многомерного анализа, возможности сочетания в их применении, в том числе с методами одномерного статистического анализа. Дисциплина создает научную и методическую основу для профессиональной деятельности аналитика данных в областях «Сельское хозяйство и АПК», «Экономика, финансы и управление».

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Многомерные статистические методы» являются: «Теория вероятностей», «Математическая статистика», «Линейная алгебра», «Математический анализ», «Дискретная математика», «Методы оптимизации», «Эконометрика».

Дисциплина «Многомерные статистические методы» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Методы искусственного интеллекта», «Большие данные в сельском хозяйстве», «Компьютерное зрение в сельском хозяйстве», «Глубокое обучение».

Особенностью дисциплины является изучение теории и практики применения многомерных статистических методов при анализе данных в сельском хозяйстве и экономике, использование этих методов в комплексе с другими статистическими методами для прогнозирования бизнес-процессов в аграрной сфере.

Рабочая программа дисциплины «Многомерные статистические методы» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

| №<br>п/п | Код<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции (или её части)                                                                                       | Индикаторы компе-<br>тенций                                                                                                                                                          | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |       |       |
|----------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|
|          |                         |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                      | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | знать | знать |
| 1.       | УК-1                    | Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.1 Знать: методики поиска, сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа | различные методы поиска данных; техники формирования выборок; особенности сбора данных в различных областях профессиональной деятельности, в т.ч. «Сельское хозяйство и АПК», «Экономика, финансы и управление»; методы очистки данных, трансформации данных, визуальной и статистической диагностики данных; актуальные отечественные источники информации: официальную статистику, научные ресурсы, отраслевые данные; актуальные зарубежные источники: международные базы данных, научные платформы, репозитории данных для ML и др.; системный подход для | -     | -     |

| №<br>п/п | Код<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции (или её части) | Индикаторы компе-<br>тенций                                                                                                                                                                                                                                               | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                         |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                           | знать                                                        | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|          |                         |                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                           | выбора методов много-<br>мерного анализа                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2.       |                         |                                          | УК-1.2 Уметь: при-<br>менять методики по-<br>иска, сбора и обра-<br>ботки информации;<br>осуществлять крити-<br>ческий анализ и син-<br>тез информации, по-<br>лученной из разных<br>источников; приме-<br>нять системный под-<br>ход для решения по-<br>ставленных задач | -                                                            | осуществлять поиск ин-<br>формации из различных<br>источников; организо-<br>вывать сбор данных; об-<br>рабатывать и подготавливать данные,<br>оценивать достовер-<br>ность источников, срав-<br>нивать данные из раз-<br>личных источников,<br>синтезировать информа-<br>цию; декомпозировать<br>сложные задачи, обос-<br>новывать выбор статисти-<br>ческих методов,<br>осуществлять комплекс-<br>ный анализ | -                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3.       |                         |                                          | УК-1.3 Владеть: ме-<br>тодами поиска, сбора<br>и обработки, крити-<br>ческого анализа и<br>синтеза информации;<br>методикой системно-<br>го подхода для реше-<br>ния поставленных за-<br>дач                                                                              | -                                                            | -                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | методами поиска и<br>сбора данных; техни-<br>ками предобработки<br>данных, методами кри-<br>тического анализа<br>(проведения оценки<br>качества данных, вы-<br>явления систематиче-<br>ских ошибок, верифи-<br>кации источников дан-<br>ных); методами синте-<br>за информации (инте- |

| №<br>п/п | Код<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции (или её части)                                                                                                                                                             | Индикаторы компе-<br>тенций                                                         | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |                                                                                                                                                                                                                          |
|----------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          |                         |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | знать | знать                                                                                                                                                                                                                    |
|          |                         |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |       | грации данных из различных источников, проведения сравнительного анализа различных методологий, формулирования обобщенных выводов); методами декомпозиции задач, применять системный подход на всех этапах исследования. |
| 4.       | ОПК-1                   | Способность применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности; | ОПК-1.1 Знать: основы математики, физики, вычислительной техники и программирования | линейную алгебру (операции с матрицами и векторами, собственные значения и векторы, матричные разложения (SVD, PCA), системы линейных уравнений; теорию вероятностей (основные распределения (нормальное, Пуассона, биномиальное), условные вероятности и теорему Байеса; марковские цепи и случайные процессы); математический анализ (производные и интегралы, градиенты и оптимизация функций; ряды и преоб- | -     | -                                                                                                                                                                                                                        |

| №<br>п/п | Код<br>компе-<br>тенции | Содержание<br>компетенции (или её части) | Индикаторы компе-<br>тенций                                                                                                                                                                       | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
|----------|-------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|          |                         |                                          |                                                                                                                                                                                                   | знать                                                                                                                                                                                                                           | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | знать |
|          |                         |                                          |                                                                                                                                                                                                   | разования); основы фи-<br>зики (статистическую<br>физику, основы механи-<br>ки и др.); основы вычис-<br>лительной техники (ар-<br>хитектуру компьютеров,<br>вычислительные мето-<br>ды); основы программ-<br>рования (Python/R) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |       |
| 5.       |                         |                                          | ОПК-1.2 Уметь: ре-<br>шать стандартные<br>профессиональные<br>задачи с применением<br>естественнонаучных<br>и общеинженерных<br>знаний, методов ма-<br>тематического анали-<br>за и моделирования | -                                                                                                                                                                                                                               | интерпретировать есте-<br>ственнонаучные законо-<br>мерности при анализе<br>данных, применять ин-<br>женерные подходы к<br>решению задач анализа<br>данных, использовать<br>системный подход при<br>проектировании анали-<br>тических решений, оце-<br>нивать точность и на-<br>дежность результатов с<br>инженерной точки зре-<br>ния, анализировать<br>свойства многомерных<br>нормальных распреде-<br>лений, строить и интер-<br>претировать корреляци-<br>онные матрицы, приме-<br>нять методы снижения<br>размерности (РСА, фак- | -     |



| №<br>п/п | Код<br>компе-<br>тенции                                           | Содержание<br>компетенции (или её части)                                                                                                                 | Индикаторы компе-<br>тенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны: |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
|----------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|          |                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | знать                                                        | знать                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | знать |
|          |                                                                   |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                              | торный анализ), приме-<br>нять методы кластерно-<br>го анализа, использовать<br>дискриминантный ана-<br>лиз; выбирать адекват-<br>ные методы моделиро-<br>вания для конкретных<br>задач, формализовывать<br>практические задачи в<br>терминах математиче-<br>ских моделей, интерпре-<br>тировать результаты мо-<br>делирования в предмет-<br>ной области                       |       |
| 6.       | ПККрми<br>и-6<br>(MF-1.<br>Про-<br>двину-<br>тый<br>уро-<br>вень) | Способен применять совре-<br>менную теоретическую ма-<br>тематику для разработки но-<br>вых алгоритмов и формули-<br>рования перспективных за-<br>дач ИИ | ПККрмии-6 (MF-1.<br>Продвинутый уро-<br>вень).2<br>Индикатор: Применя-<br>ет аппарат теории ве-<br>роятностей для ис-<br>следования методов и<br>моделей машинного<br>обучения. Уровень<br>освоения индикатора:<br>Формулирует отличия<br>в постановке задачи о<br>проверке гипотезы от<br>постановки для попу-<br>лярных критериев,<br>применяет специали-<br>зированные критерии |                                                              | применять аппарат тео-<br>рии вероятностей для<br>формулировки отличий<br>в постановке задач про-<br>верки гипотез от поста-<br>новок популярных кри-<br>териев, разрабатывая и<br>применяя специализиро-<br>ванные многомерные<br>критерии в моделях ма-<br>шинного обучения для<br>исследования предпо-<br>ложений о распределе-<br>ниях данных и валида-<br>ции алгоритмов. |       |

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3,0 зач. ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 2

#### Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

| Вид учебной работы                                                                                                                                                                                    | Трудоёмкость    |                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                                                       | час.            | В т.ч. по семестрам<br>№6 |
| <b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану                                                                                                                                                | <b>108</b>      | <b>108</b>                |
| <b>1. Контактная работа:</b>                                                                                                                                                                          | <b>68,35</b>    | <b>68,35</b>              |
| <b>Аудиторная работа</b>                                                                                                                                                                              | <b>68</b>       | <b>68</b>                 |
| <i>в том числе:</i>                                                                                                                                                                                   |                 |                           |
| <i>лекции (Л)</i>                                                                                                                                                                                     | 34              | 34                        |
| <i>практические занятия (ПЗ)</i>                                                                                                                                                                      | 34/4            | 34/4                      |
| <i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>                                                                                                                                              | 0,35            | 0,35                      |
| <b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>                                                                                                                                                                | <b>39,65</b>    | <b>39,65</b>              |
| <i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, хакатону и т.д.)</i> | 30,65           | 30,65                     |
| <i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>                                                                                                                                                       | 9               | 9                         |
| Вид промежуточного контроля:                                                                                                                                                                          | зачёт с оценкой |                           |

### 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

#### Тематический план учебной дисциплины

| Наименование разделов и тем дисциплин<br>(укрупнённо)                          | Всего         | Аудиторная работа |             |             | Внеаудиторная работа СР |
|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------------|
|                                                                                |               | Л                 | ПЗ          | ПКР         |                         |
| <b>Раздел 1 «Многомерные статистические методы»</b>                            | <b>107,65</b> | <b>34</b>         | <b>34</b>   | <b>-</b>    | <b>39,65</b>            |
| <b>Тема 1.1 «Введение в многомерный анализ»</b>                                | 4,65          | 1                 | -           | -           | 3,65                    |
| <b>Тема 1.2 «Многомерные средние»</b>                                          | 7             | 1                 | 2           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.3 «Кластерный анализ»</b>                                            | 12            | 4                 | 4           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.4 «Дискриминантный анализ»</b>                                       | 12            | 4                 | 4/2         | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.5 «Факторный анализ. Метод главных компонент»</b>                    | 12            | 4                 | 4/2         | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.6 «Многомерный дисперсионный анализ»</b>                             | 12            | 4                 | 4           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.7 «Канонические корреляции»</b>                                      | 14            | 4                 | 6           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.8 «Ковариационный анализ»</b>                                        | 10            | 4                 | 2           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.9 «Многомерное шкалирование»</b>                                     | 12            | 4                 | 4           | -           | 4                       |
| <b>Тема 1.10 «Многомерные распределения. Многомерные вероятностные модели»</b> | 12            | 4                 | 4           | -           | 4                       |
| <b>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</b>                       | <b>0,35</b>   | -                 | -           | <b>0,35</b> | -                       |
| <b>Итого по дисциплине</b>                                                     | <b>108</b>    | <b>34</b>         | <b>34/4</b> | <b>0,35</b> | <b>39,65</b>            |

### **Тема 1.1 «Введение в многомерный анализ»**

Одномерные и многомерные характеристики объектов агробизнеса. Место одномерных характеристик и статистических методов, основанных на одномерных распределениях. Особенность многомерных характеристик и распределений. Ограничения при использовании многомерных методов исследования. Классификация и взаимосвязь многомерных методов анализа. Области применения (экономика, биология, соц. науки).

### **Тема 1.2 «Многомерные средние»**

Сущность многомерных средних. Способы приведения исходных признаков в сопоставимый вид. Базы сравнения (максимальное, минимальное и среднее значение признака). Преобразование исходных данных на основе нормирования. Формирование многомерной средней. Средняя многомерная простая и взвешенная. Выбор весов при формировании взвешенной многомерной средней. Сравнение различных способов формирования многомерной средней. Устойчивость многомерной средней. Область применения многомерных средних, ограничения при их использовании. Классификации на основе многомерных средних. Рейтинги.

### **Тема 1.3 «Кластерный анализ»**

Сущность кластерного анализа. Область применения кластерного анализа. Приведение исходных переменных в сопоставимый вид. Предварительное использование факторного анализа. Иерархический кластерный анализ. Метод k-средних при реализации кластерного анализа. DBSCAN. Меры близости: евклидово расстояние, квадрат евклидова расстояния, расстояние городских кварталов, расстояние Чебышева, степенное расстояние, расстояние Минковского. Меры близости для качественных альтернативных признаков. Методы объединения: метод одиночной связи, метод полной связи, метод не взвешенных и взвешенных попарных средних. Взвешенный и не взвешенный центроидный метод, метод Варда. Оптимальность разбиения при иерархическом кластерном анализе: теоретический и эмпирический подходы. Методы выбора центров тяжести при проведении кластерного с использованием k-средних. Алгоритм реализации метода k-средних. Оценка качества кластеров (силуэт, индекс Дэвиса-Болдуина). Использование пакетов прикладных программ при осуществлении кластерного анализа.

### **Тема 1.4 «Дискриминантный анализ»**

Дискриминантный анализ как комплекс многомерных методов, его назначение. Группирующие и дискриминантные переменные. Требования к дискриминантным переменным. Пошаговый алгоритм дискриминантного анализа. Критерий  $\lambda$  - Уилкса. Процедуры с включением и исключением. Построение дискриминантных функций. Исследование дискриминантных (канонических) функций:  $\beta$ -коэффициенты, структурные средние, средние значения дискриминантных функций. Матрицы факторной структуры. Оценка эффективности дискриминантных функций. Функции классификации. Оценка вероятности попадания в заданную группу. Классификация новых совокупностей. Линейный (LDA) и квадратичный (QDA) дискриминантный анализ.

### **Тема 1.5 «Факторный анализ. Метод главных компонент»**

Сущность и назначение факторного анализа. Сферы применения факторного анализа. Сочетание факторного анализа с другими статистическими методами, в том числе методами многомерного анализа. Информационный куб, требование к признакам. Преобразование исходных данных. Техники (R, Q, O, P, S, T) используемые в факторном анализе. Общая линейная модель факторного анализа. Общность и характерность. Факторные нагрузки, их содержание. Общий алгоритм факторного анализа. Методы решения проблемы общности. Определение факторов, метод главных компонент (РСА) и центроидный метод. Геометрическая интерпретация РСА. Алгоритм вычисления и выбор числа компонент (критерий Кайзера, scree plot). Интерпретация нагрузки компонент. Математический аппарат формирования матрицы факторных нагрузок. Определение числа факторов. Вращение матрицы факторных нагрузок, его цель. Простая структура Терстоуна. Методы вращения: вариимакс, квартимакс, би-квартимакс, эквимакс, oblimin. Математический алгоритм вращения. Интерпретация факторов после вращения. Расчет значений факторов по исходным единицам наблюдения. Иерархический факторный анализ.

#### **Тема 1.6 «Многомерный дисперсионный анализ»**

Сущность многомерного дисперсионного анализа. Отличие от ANOVA. Модель MANOVA. Место дисперсионного анализа при статистической обработке результатов выборочного наблюдения, ограничения при его использовании. Содержание рабочей и альтернативных гипотез. Отбор результативных признаков. Проверка предпосылок. Тест на нормальность (Марджия). Тест на однородность дисперсий (Box's M). Алгоритм многомерного дисперсионного анализа. Критерий F- Фишера, особенности его расчета. Множественные сравнения при принятии альтернативной гипотезы. Критерии проверки гипотез. Lambda Уилкса. Критерии Пиллая, Хотеллинга, Роя. Пост-хок анализ. Поправки на множественные сравнения (Бонферрони). Графическая визуализация. Боксплоты для каждой переменной. Диаграммы рассеяния в пространстве главных компонент.

#### **Тема 1.7 «Канонические корреляции»**

Сущность канонической корреляции. Общий алгоритм канонического анализа. Анализ канонических переменных. Сингулярное разложение (SVD) ковариационных матриц. Ковариационные матрицы. Уравнение для канонических корреляций. Канонические корреляции. Тесты Бартлетта и Вилкса. Критерии отбора числа значимых пар. Интерпретация результатов. Канонические веса. Доля объясненной дисперсии: Анализ значимости каждой пары канонических переменных. Геометрическая интерпретация. Ограничения при использовании канонического анализа. Сравнение с другими методами (РСА, Множественная регрессия). Практическое использование канонического анализа.

#### **Тема 1.8 «Ковариационный анализ»**

Предпосылки возникновения статистических парадоксов при предварительном осреднении признаков. Использование принципа «заводо-лет». Содержание и общий алгоритм ковариационного анализа. Сравнение вариантов формирования базы многолетних данных. Статистические предпосылки ковариационного анализа. Годовые эффекты и частные формы уравнения регрессии

при парной связи. Предпосылки и построение уравнений множественной ковариационной связи. Показатели тесноты связи.

#### **Тема 1.9 «Многомерное шкалирование (МШ)»**

Определение и цель метода МШ. Области применения. Отличие от других методов (PCA, t-SNE/UMAP). Типы многомерного шкалирования. Метрическое МШ (Classical MDS, CMDS). Неметрическое МШ (Non-metric MDS, NMDS). Взвешенное МШ (Weighted MDS). Алгоритмы и вычисления. Шаги метрического МШ. Оптимизация в NMDS. Интерпретация и валидация. Оценка качества. Коэффициент стресса. График зависимости исходных и проекционных расстояний. Интерпретация осей.

#### **Тема 1.10 «Многомерные распределения. Многомерные вероятностные модели»**

Определение многомерного распределения. Совместное распределение вероятностей. Основные типы многомерных распределений. Многомерное нормальное распределение. Маргинальные распределения. Условные распределения. Многомерное распределение Стюдента. Тяжелые хвосты (устойчивость к выбросам). Дискретные многомерные распределения. Параметры модели. Типы многомерных моделей. Параметрические модели. Непараметрические модели. Сравнение подходов. Функция плотности, свойства. Ковариационные и корреляционные матрицы. Проверка гипотез: тест Хотеллинга. Гауссовские смеси (GMM). Ядерное сглаживание (KDE). Копулы. Понятие копул. Моделирование зависимостей. Экспоненциальные семейства. Оценка параметров модели. Метод максимального правдоподобия. Байесовский подход. Проверка адекватности. Тесты на нормальность. Проверка независимости.

### **4.3 Лекции и практические занятия**

Таблица 4

#### **Содержание лекций и практических занятий и контрольные мероприятия**

| № п/п | Название раздела, темы                              | № и название лекций/ практических занятий                                           | Формируемые компетенции (индикаторы) | Вид контрольного мероприятия | Кол-во Часов из них практическая подготовка |
|-------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|
| 1.    | <b>Раздел 1 «Многомерные статистические методы»</b> |                                                                                     |                                      |                              |                                             |
|       | <b>Тема 1.1 «Введение в многомерный анализ»</b>     | Лекция № 1. «Содержание многомерных статистических методов»                         | УК-1.1; ОПК-1.1                      |                              | 1                                           |
|       | <b>Тема 1.2 «Многомерные средние»</b>               | Лекция № 2. «Многомерные средние»                                                   | УК-1.1; ОПК-1.1                      |                              | 1                                           |
|       |                                                     | Практическая работа № 1. «Расчет многомерных средних при различных базах сравнения» | УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1;     | защита практической работы   | 2                                           |

| №<br>п/п | Название<br>раздела,<br>темы                                                        | № и название лекций/<br>практических занятий                                                                                                                                                             | Формируемые<br>компетенции<br>(индикаторы)                                                                  | Вид<br>контрольно<br>го<br>мероприяти<br>я                                                                | Кол-<br>во<br>Часов<br>из них<br>практи-<br>ческая<br>подго-<br>товка |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                     |                                                                                                                                                                                                          | ОПК-1.2                                                                                                     |                                                                                                           |                                                                       |
|          | <b>Тема 1.3</b><br>«Кластер-<br>ный ана-<br>лиз»                                    | Лекция № 3. «Кластерный ана-<br>лиз»                                                                                                                                                                     | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                                                                          |                                                                                                           | 4                                                                     |
|          |                                                                                     | Практическая работа № 2.<br>«Расчет и анализ матрицы<br>функций близости. Кластерный<br>анализ регионов ЦФО с исполь-<br>зованием различных алгорит-<br>мов объединения в MS Excel»                      | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2                                                        | защита<br>практиче-<br>ской работы                                                                        | 2                                                                     |
|          |                                                                                     | Практическая работа № 3.<br>«Кластерный анализ К(Ф)Х по<br>показателям размера иерархи-<br>ческим кластерным методом и<br>методом k-средних в ППП<br>«STATISTICA»»                                       | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2                                                        | защита<br>практиче-<br>ской работы                                                                        | 2                                                                     |
|          | <b>Тема 1.4</b><br>«Дискри-<br>минантный<br>анализ»                                 | Лекция № 4. «Дискриминант-<br>ный анализ»                                                                                                                                                                | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                                                                          |                                                                                                           | 4                                                                     |
|          |                                                                                     | Практическая работа № 4.<br>«Классификация сельскохозяй-<br>ственных организаций ЦФО по<br>уровню риска с использованием<br>дискриминантного анализа»                                                    | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2;<br>ПККрмии-6<br>(MF-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2 | защита<br>практиче-<br>ской работы                                                                        | 2                                                                     |
|          |                                                                                     | Кейсбук от АО «Россельхоз-<br>банк» «Предиктивная модель<br>биорисков на фермах заемщи-<br>ков РСХБ на основе многомер-<br>ных статистических методов»:<br>Кейс-задача № 1 «Дискрими-<br>нантный анализ» | ПККрмии-6<br>(MF-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2                                                          | решение<br>кейс-задачи<br>от «якорно-<br>го» индуст-<br>риального<br>партнера АО<br>«Россель-<br>хозбанк» | 2/2                                                                   |
|          | <b>Тема 1.5</b><br>«Фактор-<br>ный ана-<br>лиз. Метод<br>главных<br>компо-<br>нент» | Лекция № 5. «Факторный ана-<br>лиз. Метод главных компонент»                                                                                                                                             | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                                                                          |                                                                                                           | 4                                                                     |
|          |                                                                                     | Практическая работа № 5.<br>«Факторный анализ ЛПХ по<br>показателям, характеризующим<br>их ресурсы в ППП<br>«STATISTICA»                                                                                 | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2;<br>ПККрмии-6<br>(MF-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2 | защита<br>практиче-<br>ской работы                                                                        | 2                                                                     |
|          |                                                                                     | Кейсбук от АО «Россельхоз-                                                                                                                                                                               | ПККрмии-6                                                                                                   | решение                                                                                                   | 2/2                                                                   |

| №<br>п/п | Название<br>раздела,<br>темы                          | № и название лекций/<br>практических занятий                                                                                                                                                                     | Формируемые<br>компетенции<br>(индикаторы)           | Вид<br>контрольно<br>го<br>мероприяти<br>я                             | Кол-<br>во<br>Часов<br>из них<br>практи-<br>ческая<br>подго-<br>товка |
|----------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|          |                                                       | банк» «Предиктивная модель биорисков на фермах заемщиков РСХБ на основе многомерных статистических методов»: Кейс-задача № 2 «Факторный анализ и метод главных компонент (РСА)»                                  | (MF-1. Продвинутый уровень).2                        | кейс-задачи от «якорного» индустриального партнера АО «Россельхозбанк» |                                                                       |
|          | <b>Тема 1.6</b><br>«Многомерный дисперсионный анализ» | Лекция № 6. «Многомерный дисперсионный анализ»                                                                                                                                                                   | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                   |                                                                        | 4                                                                     |
|          |                                                       | Практическая работа № 6. «Оценка влияния типа почвы на содержание фосфора, калия и поглощенных оснований методом MANOVA в Python»                                                                                | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2 | защита практической работы                                             | 2                                                                     |
|          |                                                       | Коллоквиум по темам 1.1.-1.6                                                                                                                                                                                     | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2 | устный опрос                                                           | 2                                                                     |
|          | <b>Тема 1.7</b><br>«Канонические корреляции»          | Лекция № 7. «Канонические корреляции»                                                                                                                                                                            | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                   |                                                                        | 4                                                                     |
|          |                                                       | Практическая работа № 7. «Изучение взаимосвязи показателей эффективности и интенсивности производства по совокупности сельскохозяйственных организаций с использованием канонического анализа в ППП «STATISTICA» | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2 | защита практической работы                                             | 2                                                                     |
|          |                                                       | Хакатон по MCM                                                                                                                                                                                                   | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2 | командные соревнования                                                 | 4                                                                     |
|          | <b>Тема 1.8</b><br>«Ковариационный анализ»            | Лекция № 8. «Ковариационный анализ»                                                                                                                                                                              | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                   |                                                                        | 4                                                                     |
|          |                                                       | Практическая работа № 8. «Анализ влияния типа удобрения на урожайность пшеницы с учетом исходного содержания фосфора в почве в Python»                                                                           | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2 | защита практической работы                                             | 2                                                                     |
|          | <b>Тема 1.9</b><br>«Многомерное шкалирование»         | Лекция № 9. «Многомерное шкалирование»                                                                                                                                                                           | УК-1.1;<br>ОПК-1.1                                   |                                                                        | 4                                                                     |
|          |                                                       | Практическая работа № 9. «Многомерное шкалирование (MDS) для анализа сходства сельскохозяйственных регионов                                                                                                      | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;            | защита практической работы                                             | 2                                                                     |



| №<br>п/п | Название<br>раздела,<br>темы                                                                                   | № и название лекций/<br>практических занятий                                                                                                                                            | Формируемые<br>компетенции<br>(индикаторы)                                                                   | Вид<br>контрольно<br>го<br>мероприяти<br>я                                                   | Кол-<br>во<br>Часов<br>из них<br>практи-<br>ческая<br>подго-<br>товка |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
|          |                                                                                                                | по комплексу показателей»                                                                                                                                                               | ОПК-1.2                                                                                                      |                                                                                              |                                                                       |
|          |                                                                                                                | Кейсбук от АО «Россельхоз-банк» «Предиктивная модель биорисков на фермах заемщиков РСХБ на основе многомерных статистических методов»: Кейс-задача № 3 «Многомерное шкалирование (MDS)» | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2<br>ПККрмии-6<br>(МФ-1. Про-<br>двинутый уро-<br>вень).2 | решение кейс-задачи от «якорного» индустриального партнера АО «Россельхозбанк», кейс-семинар | 2                                                                     |
|          | <b>Тема 1.10</b><br>«Много-<br>мерные<br>распреде-<br>ления.<br>Многомер-<br>ные веро-<br>ятностные<br>модели» | Лекция № 10. «Многомерные распределения. Многомерные вероятностные модели»                                                                                                              | УК-1.1;<br>ОПК-1.1;<br>ПККрмии-6<br>(МФ-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2                                    |                                                                                              | 4                                                                     |
|          |                                                                                                                | Практическая работа № 10. «Анализ многомерных распределений агрохимических показателей почв в Python»                                                                                   | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2;<br>ПККрмии-6<br>(МФ-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2  | защита<br>практиче-<br>ской работы                                                           | 2                                                                     |
|          |                                                                                                                | Итоговое тестирование, коллоквиум                                                                                                                                                       | УК-1.1;<br>УК-1.2;<br>УК-1.3;<br>ОПК-1.1;<br>ОПК-1.2;<br>ПККрмии-6<br>(МФ-1. Про-<br>двинутый<br>уровень).2  | Итоговый<br>тест,<br>коллоквиум                                                              | 2                                                                     |

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

| №<br>п/п                                            | Название раздела,<br>темы                       | Перечень рассматриваемых вопросов для<br>самостоятельного изучения                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1 «Многомерные статистические методы»</b> |                                                 |                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.                                                  | <b>Тема 1.1</b> «Введение в многомерный анализ» | Особенность многомерных характеристик и распределений. Ограничения при использовании многомерных методов исследования. Классификация и взаимосвязь многомерных методов анализа (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2) |



| №<br>п/п | Название раздела,<br>темы                                                      | Перечень рассматриваемых вопросов для<br>самостоятельного изучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.       | <b>Тема 1.2</b> «Многомерные средние»                                          | Преобразование исходных данных на основе нормирования. Выбор весов при формировании взвешенной многомерной Классификации на основе многомерных средних. Рейтинги (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                                                                                                                  |
| 3.       | <b>Тема 1.3</b> «Кластерный анализ»                                            | Меры близости: расстояние Чебышева, степенное расстояние, расстояние Минковского. Меры близости для качественных альтернативных признаков Использование пакетов прикладных программ при осуществлении кластерного анализа (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                                                         |
| 4.       | <b>Тема 1.4</b> «Дискриминантный анализ»                                       | Матрицы факторной структуры. Оценка эффективности дискриминантных функций. Функции классификации. Оценка вероятности попадания в заданную группу. Классификация новых совокупностей. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ПККрмии-6 (MF-1. Продвинутый уровень).2)                                                                                                                                                     |
| 5.       | <b>Тема 1.5</b> «Факторный анализ. Метод главных компонент»                    | Сочетание факторного анализа с другими статистическими методами. Техники (R, Q, O, P, S, T), используемые в факторном анализе. Математический аппарат формирования матрицы факторных нагрузок. Методы вращения: варимакс, кватримакс, бикватримакс, эквимакс, oblimin. Математический алгоритм вращения. Иерархический факторный анализ. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ПККрмии-6 (MF-1. Продвинутый уровень).2) |
| 6.       | <b>Тема 1.6</b> «Многомерный дисперсионный анализ»                             | Критерии проверки гипотез. Lambda Уилкса. Критерии Пиллая, Хотеллинга, Роя. Пост-хок анализ. Поправки на множественные сравнения (Бонферрони). Графическая визуализация. Боксплоты для каждой переменной. Диаграммы рассеяния в пространстве главных компонент. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                   |
| 7.       | <b>Тема 1.7</b> «Канонические корреляции»                                      | Ограничения при использовании канонического анализа. Сравнение с другими методами (РСА, Множественная регрессия). Практическое использование канонического анализа. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                                                                                                               |
| 8.       | <b>Тема 1.8</b> «Ковариационный анализ»                                        | Годовые эффекты и частные формы уравнения регрессии при парной связи. Предпосылки и построение уравнений множественной ковариационной связи. Показатели тесноты связи. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                                                                                                            |
| 9.       | <b>Тема 1.9</b> «Многомерное шкалирование»                                     | Оптимизация в NMDS. Интерпретация и валидация. Оценка качества. Коэффициент стресса. График зависимости исходных и проекционных расстояний. Интерпретация осей. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2)                                                                                                                                                                                                                   |
| 10.      | <b>Тема 1.10</b> «Многомерные распределения. Многомерные вероятностные модели» | Дискретные многомерные распределения. Гауссовские смеси (GMM). Ядерное сглаживание (KDE). Копулы. Понятие копул. Моделирование зависимостей. Экспоненциальные семейства. Байесовский подход. Проверка адекватности. (УК-1.1; УК-1.2; УК-1.3; ОПК-1.1; ОПК-1.2; ПККрмии-6 (MF-1. Продвинутый уровень).2)                                                                                                                      |

## 5. Образовательные технологии

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

| № п/п | Тема и форма занятия                                 | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий (форм обучения)        |
|-------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.    | Тема 1.5 «Факторный анализ. Метод главных компонент» | ПЗ<br>Анализ конкретных ситуаций использования различных методик вращения матрицы факторных нагрузок |
| 2.    | Темы 1.1.-1.7<br>Хакатон по МСМ                      | ПЗ<br>Проектное обучение                                                                             |
| 4.    | Темы 1.4, 1.5, 1.9                                   | ПЗ<br>Кейсбук от АО «Россельхозбанк»                                                                 |

### 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

#### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

#### Примеры заданий для практической работы

#### Практическая работа № 1. «Расчет многомерных средних при различных базах сравнения»

Имеются данные похозяйственных книг по совокупности личных подсобных хозяйств одного из сельских поселений. Требуется провести группировку ЛПХ по многомерной средней с использованием различных алгоритмов преобразования.

#### Исходные данные по совокупности ЛПХ

| № п/п | Площадь земельного участка, кв.м | Число членов хозяйства, чел. | Поголовье животных, усл. гол. |
|-------|----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|       | $x_1$                            | $x_2$                        | $x_3$                         |
| 1     | 3000                             | 1                            | 2,6                           |
| 2     | 2500                             | 1                            | 2,0                           |
| 3     | 2575                             | 1                            | 6,6                           |
| 4     | 3200                             | 1                            | 2,2                           |
| 5     | 2500                             | 1                            | 3,2                           |
| ...   | ...                              | ...                          | ...                           |
| 72    | 2727                             | 10                           | 2,8                           |
| 73    | 1200                             | 10                           | 3,4                           |
| 74    | 3900                             | 10                           | 10,6                          |

**Практическая работа № 2. «Расчет и анализ матрицы функций близости. Кластерный анализ регионов ЦФО с использованием различных алгоритмов объединения в MS Excel»**

Разбить регионы ЦФО на кластеры по шести видам продуктов питания с использованием меры близости - Евклидово расстояние, методов объединения: 1) ближайшего соседа; 2) наиболее удаленных соседей; 3) невзвешенного попарного среднего.

Уровни потребления продуктов питания в среднем на душу населения, кг. в год (яйца – шт.)

| Области ЦФО  | Продукты |        |      |      |       |        |
|--------------|----------|--------|------|------|-------|--------|
|              | мясо     | молоко | яйца | рыба | овощи | фрукты |
| Белгородская | 107,9    | 276,4  | 266  | 25   | 98,6  | 90,5   |
| Воронежская  | 82,5     | 279,1  | 252  | 20,9 | 92,1  | 79,5   |
| Тамбовская   | 68,3     | 224,3  | 188  | 17,8 | 85,9  | 47,8   |
| Московская   | 98,3     | 299,7  | 250  | 22,8 | 86    | 66,2   |
| Калужская    | 97,5     | 244,8  | 215  | 18,2 | 92,4  | 64,2   |
| Костромская  | 75       | 230,2  | 188  | 20,9 | 75,2  | 58,4   |

**Практическая работа № 3. «Кластерный анализ К(Ф)Х по показателям размера иерархическим кластерным методом и методом k-средних в ППП «STATISTICA»**

Имеются данные по совокупности крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х). Требуется провести кластерный анализ К(Ф)Х по показателям размера иерархическим кластерным методом и методом К-средних.

Введены следующие обозначения признаков:

$x_1$  – численность работников хозяйства, чел.;

$x_2$  – площадь фактически используемых сельскохозяйственных угодий, га;

$x_3$  – условное поголовье животных, усл. гол.;

$x_4$  – число тракторов, шт.

Исходные данные по совокупности К(Ф)Х

| № п/п | $x_1$ | $x_2$  | $x_3$ | $x_4$ |
|-------|-------|--------|-------|-------|
| 1     | 1     | 2,0    | 24,1  | 1     |
| 2     | 1     | 18,4   | 45,0  | 1     |
| 3     | 1     | 38,0   | 132,2 | 0     |
| 4     | 1     | 16,0   | 5,0   | 2     |
| 5     | 1     | 16,0   | 60,2  | 0     |
| ...   | ...   | ...    | ...   | ...   |
| 1089  | 16    | 622,0  | 414,6 | 2     |
| 1090  | 18    | 460,0  | 120,0 | 1     |
| 1091  | 21    | 72,0   | 0,0   | 1     |
| 1092  | 21    | 135,0  | 126,6 | 7     |
| 1093  | 30    | 15,0   | 6,3   | 4     |
| 1094  | 42    | 0,0    | 23,8  | 1     |
| 1095  | 43    | 2902,0 | 945,3 | 6     |

#### Практическая работа № 4. «Классификация сельскохозяйственных организаций ЦФО по уровню риска с использованием дискриминантного анализа»

Имеются данные по совокупности 75 сельскохозяйственных организаций Центрального федерального округа (ЦФО) за 2022 год по данным системы «СПАРК». Требуется провести дискриминантный анализ, который позволит классифицировать предприятия на две группы: организации с низким и с высоким сводным индексом риска.

В системе «СПАРК» уже имеются рассчитанные показатели эффективности и финансовой устойчивости по каждой организации. Группирующая переменная проиндексирована: организациям с низким риском присвоен номер 1, организациям с высоким – номер 2. Дискриминантные переменные: валовая рентабельность затрат, % ( $v_1$ ) (определенная в соответствии со ст. 105.8 Налогового кодекса Российской Федерации), отношение коммерческих и управленческих расходов к выручке, % ( $v_2$ ), коэффициент соотношения заемных и собственных средств, % ( $v_3$ ), оборачиваемость кредиторской задолженности, раз ( $v_4$ ), ежемесячная средняя заработная плата, руб. ( $v_5$ ), фондовооруженность, руб. ( $v_6$ ), оборачиваемость дебиторской задолженности, раз ( $v_7$ ), оборачиваемость основных средств, раз ( $v_8$ ), коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, % ( $v_9$ )

#### Практическая работа № 5. «Факторный анализ ЛПХ по показателям, характеризующим их ресурсы в ППП «STATISTICA»»

Имеются данные похозяйственных книг по совокупности личных подсобных хозяйств (ЛПХ). Требуется провести факторный анализ ЛПХ по показателям, характеризующим их ресурсы.

Исходные данные по совокупности ЛПХ

| №<br>п/п | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $x_5$ | $x_6$ | $x_7$ | $x_8$ | $x_9$ | $x_{10}$ | $x_{11}$ | $x_{12}$ | $x_{13}$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
| 1        | 1000  | 8     | 0     | 1     | 2     | 1     | 1     | 1     | 17    | 19       | 6        | 0        | 0        |
| 2        | 1400  | 9     | 2     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 8     | 9        | 2        | 15       | 2        |
| 3        | 1750  | 5     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 0        | 1        | 0        | 0        |
| 4        | 2300  | 3     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | 1        | 3        | 0        | 1        |
| 5        | 2700  | 3     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 3     | 4        | 3        | 0        | 10       |
| ...      | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...   | ...      | ...      | ...      | ...      |
| 198      | 3000  | 2     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 5     | 7        | 2        | 0        | 1        |
| 199      | 3000  | 4     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 1     | 7     | 7        | 4        | 0        | 47       |
| 200      | 4400  | 5     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 5     | 3        | 0        | 0        | 3        |

где  $x_1$  – площадь земельного участка, занятого посевами и посадками, м<sup>2</sup>;

$x_2$  – число членов хозяйства, чел.;

$x_3$  – грузовые автомобили, шт;

$x_4$  – легковые автомобили, шт;

$x_5$  – тракторы, шт;

$x_6$  – грабли, шт;

$x_7$  – сенокосилки, шт;

$x_8$  – прицепы и полуприцепы, шт;  
 $x_9$  – коровы, гол.;  
 $x_{10}$  – телки до двух лет и нетели, гол.;  
 $x_{11}$  – бычки на выращивании и откорме, гол.;  
 $x_{12}$  – овцы, гол.;  
 $x_{13}$  – лошади, гол.

### Практическая работа № 6. «Оценка влияния типа почвы на содержание фосфора, калия и поглощенных оснований методом MANOVA в Python»

На основе агрохимических обследований требуется установить, существенно ли отличаются три вида почв по 3 признакам одновременно (содержанию подвижного фосфора, калия и сумме поглощенных оснований). Исследование проводилось в 2-кратной повторности.

Содержание элементов плодородия по 3 видам почв

| Вид почв | Содержание в 100 г. почвы, мг |    |                  |    |                             |    |
|----------|-------------------------------|----|------------------|----|-----------------------------|----|
|          | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> |    | K <sub>2</sub> O |    | Сумма поглощенных оснований |    |
|          | 1                             | 2  | 1                | 2  | 1                           | 2  |
| I        | 10                            | 12 | 20               | 20 | 6                           | 8  |
| II       | 14                            | 16 | 24               | 26 | 10                          | 12 |
| III      | 20                            | 18 | 30               | 30 | 12                          | 12 |

### Практическая работа № 7. «Изучение взаимосвязи показателей эффективности и интенсивности производства по совокупности сельскохозяйственных организаций с использованием канонического анализа в ППП «STATISTICA»

Имеются данные по совокупности сельскохозяйственных организаций, специализирующихся на производстве зерновых культур. Требуется провести канонический анализ по совокупности сельскохозяйственных организаций и определить взаимосвязь показателей эффективности и интенсивности производства.

В таблице представлены показатели, характеризующие эффективность и интенсивность производства, по совокупности сельскохозяйственных организаций.

Исходные данные по совокупности сельскохозяйственных организаций

| № п/п | $y_1$ | $y_2$ | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 2181  | 23    | 1,0   | 800   | 318   |
| 2     | 3136  | 34    | 2,8   | 356   | 498   |
| 3     | 827   | 20    | 0,8   | 51    | 106   |
| 4     | 1910  | 29    | 1,0   | 961   | 338   |
| 5     | 1736  | 50    | 0,9   | 77    | 76    |
| ...   |       |       |       |       |       |
| 76    | 3706  | 45    | 0,6   | 261   | 582   |
| 77    | 2708  | 46    | 0,5   | 284   | 477   |

|    |      |    |     |     |     |
|----|------|----|-----|-----|-----|
| 78 | 3643 | 39 | 1,1 | 410 | 351 |
| 79 | 3894 | 60 | 0,5 | 369 | 472 |
| 80 | 5148 | 53 | 0,7 | 0   | 741 |

Введены следующие обозначения показателей:

$y_1$  – стоимость валовой продукции сельского хозяйства в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.;

$y_2$  – урожайность зерновых и зернобобовых (в массе после доработки), ц/га;

$x_1$  – обеспеченность рабочей силой, чел. на 100 га сельскохозяйственных угодий;

$x_2$  – затраты на семена и посадочный материал в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.;

$x_3$  – затраты на минеральные удобрения, бактериальные и другие препараты в расчете на 100 га сельскохозяйственных угодий, тыс. руб.

### **Практическая работа № 8. «Анализ влияния типа удобрения на урожайность пшеницы с учетом исходного содержания фосфора в почве в Python»**

Проведен эксперимент на 15 участках поля, разделенных на 3 группы по типу удобрения (фактор с 3 уровнями А, В, С). Для каждого участка измерены: урожайность пшеницы (ц/га) — зависимая переменная, исходное содержание  $P_2 O_5$  в почве (мг/100 г) — ковариата.

Данные экспериментальных исследований

| Участок | Удобрение | $P_2 O_5$ (мг/100 г) | Урожайность (ц/га) |
|---------|-----------|----------------------|--------------------|
| 1       | А         | 12                   | 45                 |
| 2       | А         | 15                   | 50                 |
| ...     | ...       | ...                  | ...                |
| 5       | А         | 10                   | 42                 |
| 6       | В         | 18                   | 55                 |
| ...     | ...       | ...                  | ...                |
| 10      | В         | 20                   | 58                 |
| 11      | С         | 25                   | 60                 |
| ...     | ...       | ...                  | ...                |
| 15      | С         | 22                   | 62                 |

Проверить, существует ли статистически значимое влияние разных типов удобрений на урожайность пшеницы, учитывая исходное содержание фосфора ( $P_2 O_5$ ) в почве как ковариату.

## **Практическая работа № 9. «Многомерное шкалирование (MDS) для анализа сходства сельскохозяйственных регионов по комплексу показателей в ППП «STATISTICA»**

Имеются данные по 15 сельскохозяйственным регионам за последний год по следующим показателям:

1. Урожайность пшеницы (ц/га)
2. Урожайность картофеля (ц/га)
3. Поголовье КРС (тыс. голов)
4. Внесение минеральных удобрений (кг/га)
5. Среднегодовая температура (°C)
6. Количество осадков (мм)

Использовать метод многомерного шкалирования в программе STATISTICA для визуализации сходства и различий между сельскохозяйственными регионами на основе многомерных данных.

## **Практическая работа № 10. «Анализ многомерных распределений агрохимических показателей почв в Python»**

Даны результаты агрохимического обследования 100 полей: содержание азота (N, мг/кг), фосфора ( $P_2 O_5$ , мг/100 г), калия ( $K_2 O$ , мг/100 г). Исследовать совместное распределение содержания питательных элементов (N, P, K) в почвах сельхозугодий, применяя параметрические и непараметрические методы. Провести сравнение параметрического и непараметрического подходов.

### **Примерные вопросы для подготовки к коллоквиуму:**

#### **Тема 1.1**

1. Какие проблемы анализа данных решают многомерные методы?
2. Какие алгоритмы решения проблем анализа данных используются?
3. Какие направления многомерного анализа существуют?
4. Какие основные методы являются представителями направлений многомерного анализа?
5. Что такое конденсация информации?

#### **Тема 1.2**

1. Требования к признакам, используемым для построения многомерной средней.
2. Какие единицы измерения может иметь многомерная средняя?
3. Каковы наиболее часто применяемые алгоритмы приведения исходных данных в сопоставимый вид?
4. Какое минимальное и какое максимальное значения может иметь многомерная средняя (при  $P=0,99$ ), если приведение исходных признаков в сопоставимый вид производится по алгоритму определения нормированных отклонений?

### **Тема 1.3**

1. Назначение кластерного анализа.
2. Перечислите функции близости
3. Какие Вы знаете алгоритмы объединения?
4. Какова схема иерархического кластерного анализа (кластерный анализ без обучения)?
5. Как выбрать итерацию соответствующую оптимальному разбиению?
6. В чем состоит метод к- средних (кластерный анализ с обучением)?
7. Какие Вам известны методы установления центров тяжести?

### **Тема 1.4**

1. В чем состоит назначение дискриминантного анализа?
2. Переменные группировочные и независимые
3. Что представляет собой алгоритм пошагового включения переменных (переменные в модели и вне модели)
4. Канонический анализ, его составляющие
5. Каково содержание бета-коэффициентов?
6. Факторная структура, ее назначение
7. Средние по дискриминантным функциям, их назначение
8. Как производится классификация на основе дискриминантных функций?
9. Функции классификации, алгоритм их построения
10. Матрица классификации

### **Тема 1.5**

1. Назначение факторного анализа
2. Какие существуют техники факторного анализа?
3. Разложение единичной дисперсии
4. В чем состоит общность, специфичность, надежность в факторном анализе?
5. Общий алгоритм факторного анализа
6. Как решается проблема общности при факторном анализе?
7. Как установить число факторов?
8. Простая структура Терстоуна
9. Что такое факторные нагрузки?
10. Вращение матрицы факторных нагрузок и интерпретация факторов
11. Какие методы вращения матрицы факторных нагрузок Вам известны?
12. Как производится расчет значений факторов по отдельным наблюдениям?
13. Как применить результаты факторного анализа при построении регрессионных уравнений связи?

### **Тема 1.6**

1. В чем состоит назначение многомерного дисперсионного анализа?
2. Какие критерии используются в многомерном дисперсионном анализе?
3. Каково содержание нулевой и альтернативной гипотез при многомерном дисперсионном анализе?
4. В чем состоит конкретизация результатов многомерного дисперсионного анализа?



**Кейс-задачи от индустриального партнера «Россельхозбанка»**  
**«Предиктивная модель биорисков на фермах заемщиков РСХБ на основе**  
**многомерных статистических методов»**

**Исходные данные и постановка задачи**

Цель: разработать систему прогнозирования падежа крупного рогатого скота (КРС) для оценки кредитных рисков банка, используя данные IoT-датчиков и многомерные статистические методы.

**1. Постановка задачи**

АО «Россельхозбанк» кредитует животноводческие фермы и нуждается в инструменте оценки рисков, связанных с падежом скота. Необходимо создать модель, которая анализирует данные с ферм в режиме реального времени, выявляет ранние признаки заболеваний и стресса у животных, интегрируется в цифровую платформу банка для автоматизации скоринга.

Источники данных: IoT-датчики, фермерская отчетность.

**1) Физиологические показатели КРС:**

- активность (шаги/час, время лежания/стояния);
- температура тела (ежечасные замеры);
- потребление воды (литры/сутки);
- надои (кг/день, жирность молока);
- частота сердечных сокращений (пульс).

**2) Внешние факторы:**

- температура и влажность в коровнике;
- качество кормов (протеин, клетчатка);
- данные ветеринарных осмотров.

**2. Требуется решить проблему с применением многомерных статистических методов**

**Критерии оценки**

- Качество анализа: глубина интерпретации методов.
- Техническая реализация: оптимизация кода, документация.
- Бизнес-применимость: четкие рекомендации для банка.

**Кейс-задача № 1**  
**«Дискриминантный анализ»**

Цель: Построить модель для классификации животных на группы "здоровый/больной" на основе физиологических показателей, чтобы автоматизировать оценку рисков для кредитного скоринга.

**Задачи:**

**1. Подготовка данных**

Зависимая переменная (Y) - Категориальная: 0 (здоровый), 1 (больной) – на основе ветеринарных диагнозов.

Предикторы (X): активность (шаги/час, стандартизованная), температура тела (°C, стандартизованная), пульс (уд./мин, стандартизованный), надои (кг/день, стандартизованные)

## 2. Линейный дискриминантный анализ (LDA)

- Обучение модели
- Анализ коэффициентов
- Веса дискриминантной функции:

Интерпретация:

- Отрицательные веса (активность, надои): чем выше значение, тем вероятнее класс 0 (здоровый).
- Положительные веса (температура, пульс): чем выше значение, тем вероятнее класс 1 (больной).

- Прогнозирование
- Оценка точности (матрица ошибок).

### Кейс-задача № 2

#### «Факторный анализ и метод главных компонент (PCA)»

Цель: Сократить размерность данных, выделить скрытые факторы, влияющие на здоровье КРС, и интерпретировать их для риск-менеджмента банка.

Задачи:

#### 1. Подготовка данных

Исходные показатели (стандартизованные):

| Показатель       | Описание                 |
|------------------|--------------------------|
| Активность       | Шаги/час (Z-score)       |
| Температура тела | Отклонение от нормы (°C) |
| Пульс            | Ударов/мин (Z-score)     |
| Надои            | кг/день (Z-score)        |
| Потребление воды | л/сутки (Z-score)        |

- Построение матрицы корреляций.
- Выделение 3-5 главных компонент (например: "Стресс", "Метаболизм", "Внешние условия").
- Визуализация PCA (2D-график).
- Анализ нагрузок (loadings)
- Факторный анализ. Выбор числа факторов. Критерий Кайзера.
- Вращение факторов (Varimax)
- Расчет факторных scores
- Рекомендации для банка

Пример:

1. Раннее выявление рисков (Животные с Фактор1 < -2 → высокий риск заболеваний).

2. Кредитный скоринг (Фермы с низкими Фактор3 (надои) → снижение кредитного лимита)
3. Рекомендации (Для ферм с высоким Фактор2 (пульс) → требовать установку систем охлаждения)

### **Кейс-задача № 3** **«Многомерное шкалирование (MDS)»**

Цель: Визуализировать различия между фермами в 2D-пространстве (например, Ось X: "Уровень стресса", Ось Y: "Продуктивность").

Задачи:

- расчет матрицы расстояний между всеми парами объектов (например, используя евклидово расстояние);
- применение MDS;
- оптимизация параметров;
- интерпретация осей;
- визуализация результатов;
- ранжирование ферм по положению на MDS-карте;
- выявление аномальных ферм.

### **Хакатон** **по многомерным статистическим методам**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Цель конкурсного задания заключается в исследовании вопроса автоматизации разработки типологии категорий хозяйств с применением различных методов многомерного статистического анализа и языков программирования для совершенствования представления результатов сельскохозяйственной переписи.

Ведущий конкурса-хакатона распределяет участников по командам методом жеребьевки. Все участники делятся на 5 команд по 3 человека. Команды выбирают своего капитана, который будет представлять готовый проект. Капитан команды распределяет роли внутри членов команды (например, один участник занимается предобработкой и исследованием данных, другой – проведением факторного, кластерного анализа, третий – разработкой пользовательского интерфейса).

Наставники из числа преподавателей выбирают команду-конкурсанта и сопровождают её на протяжении всего конкурса. Наставники также помогают командам выбрать капитана, могут давать советы своим командам по реализации проекта, а также помогают капитанам делегировать обязанности внутри команды.

Каждая команда должна реализовать свою идею разработки методического подхода в виде программного средства, позволяющего проводить типизацию сельскохозяйственных организаций на основе их характеристик, таких как площадь сельскохозяйственных угодий, посевные площади различных видов выращиваемых сельскохозяйственных культур, поголовье скота и других пара-

метров с применением многомерных статистических методов и языка программирования Python. На реализацию проекта командам отводится 4 часа.

*Этапы работы:*

1. Предобработка данных:
  - загрузка данных сельскохозяйственной микропереписи 2021 г. в среду разработки;
  - очистка данных: проверка качества данных, устранение пропусков и аномалий.
2. Разведочный анализ данных:
  - исследование структуры данных: построение графиков (линейных графиков, диаграмм рассеяния, гистограмм и др.), корреляционных матриц.
  - отбор ключевых признаков для последующего анализа;
3. Факторный анализ:
  - формирование факторов (на основе факторного анализа отобранных признаков), характеризующих различные типы сельскохозяйственных организаций;
  - интерпретация полученных факторов.
4. Кластерный анализ:
  - определение оптимального количества кластеров;
  - применение алгоритмов кластеризации (например, k-means, иерархическая кластеризация) для выявления типов сельскохозяйственных организаций;
  - сравнительная характеристика полученных кластеров.
5. Разработка программного средства:
  - разработка функционала для автоматической типизации новых хозяйств на основании ранее построенной модели кластеризации;
  - разработка графического пользовательского интерфейса (GUI) (например, с помощью streamlit).
6. Визуализация и отчет:
  - подготовка итогового отчета с результатами исследования;
  - демонстрация работы разработанного программного средства.

Ожидаемый результат:

Команде необходимо разработать прототип программного средства, позволяющего автоматизировать процесс типизации сельскохозяйственных организаций с использованием многомерных статистических методов по первичным данным сельскохозяйственной микропереписи 2021 г.; продемонстрировать работоспособность программного средства и представить отчет с результатами типизации.

### **Перечень примерных тестовых заданий для итогового тестирования**

1. Какой метод используется для перехода от редуцированной матрицы парных коэффициентов корреляции к матрице факторных нагрузок?
  - А) метод главных компонент
  - Б) центроидный метод
  - В) инференциальная статистика
  - Г) метод множественной корреляции.

2. Для чего используется критерий Кайзера в факторном анализе?
- А) для перехода к редуцированной матрице
  - Б) для определения числа факторов
  - В) для расчета значений факторных нагрузок
  - Г) для интерпретации факторов
3. Какие индикаторы используются при интерпретации факторов в факторном анализе?
- А) собственные значения факторов по наблюдениям
  - Б) общий процент объясненной дисперсии вариации исходных переменных
  - В) факторные нагрузки между фактором и соответствующими переменными
  - Г) парные коэффициенты корреляции между исходными признаками
4. Что представляет собой канонический корреляционный анализ?
- А) Способ построения модели, описывающей зависимость одной переменной от другой.
  - Б) Статистический метод исследования взаимосвязей между несколькими группами переменных, основанный на вычислении корреляций между линейными комбинациями этих переменных.
  - В) Многомерный метод позволяющий решить сразу несколько задач: многомерной классификации и конденсации исходных признаков.
  - Г) Многомерный метод позволяющий выделять наиболее существенные переменные.
5. Что такое компоненты в методе главных компонент (РСА)?
- А) Новые переменные, являющиеся линейными комбинациями исходных, которые объясняют наибольшую долю вариации данных.
  - Б) Компоненты, построенные на основе матрицы факторных нагрузок.
  - В) Критерии для принятия решения о принадлежности объекта к тому или иному классу.
  - Г) Новые переменные, являющиеся линейными комбинациями факторов.
6. Какова основная цель факторного анализа?
- А) Найти скрытые факторы, которые могут объяснить корреляцию между наблюдаемыми переменными.
  - Б) Оценить влияние различных факторов на результативный признак.
  - В) Определить оптимальные параметры модели регрессии.
  - Г) Провести многомерную классификацию исходных переменных
7. Что означает термин "нагрузка фактора" в контексте факторного анализа?
- А) Среднее значение фактора
  - Б) Коэффициент корреляции между фактором и переменной.
  - В) Стандартное отклонение фактора.
  - Г) Значения, стоящие по диагонали редуцированной матрицы факторных нагрузок

8. Что такое ковариационная матрица?

- А) Матрица, элементы которой представляют собой ковариацию каждой пары переменных.
- Б) Матрица расстояний между объектами.
- В) Матрица переходных вероятностей.
- Г) Матрица ошибок измерения.

9. Какая из следующих процедур не относится к многомерным статистическим методам?

- А) Факторный анализ
- Б) t-тест
- В) Каноническая корреляция
- Г) Дискриминантный анализ

10. Что представляет собой иерархическая кластеризация?

- А) Процесс последовательного объединения объектов в кластеры на основе их сходства.
- Б) Метод разбиения данных на классы с использованием обучающих выборок.
- В) Процедура оценки качества классификации.
- Г) Анализ корреляционных связей между переменными.

**Перечень примерных вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию (зачет с оценкой)**

1. Одномерные и многомерные характеристики объектов агробизнеса.
2. Место одномерных характеристик и статистических методов, основанных на одномерных распределениях.
3. Особенность многомерных характеристик и распределений.
4. Ограничения при использовании многомерных методов исследования.
5. Классификация и взаимосвязь многомерных методов анализа.
6. Сущность многомерных средних.
7. Способы приведения исходных признаков в сопоставимый вид. Базы сравнения (максимальное, минимальное и среднее значение признака).
8. Преобразование исходных данных на основе нормирования.
9. Формирование многомерной средней. Средняя многомерная простая и взвешенная. Выбор весов при формировании взвешенной многомерной средней.
10. Сравнение различных способов формирования многомерной средней.
11. Устойчивость многомерной средней
12. Область применения многомерных средних, ограничения при их использовании.
13. Классификации на основе многомерных средних
14. Сущность кластерного анализа. Область применения кластерного анализа.

15. Приведение исходных переменных в сопоставимый вид.
16. Предварительное использование факторного анализа.
17. Иерархический кластерный анализ.
18. Метод  $k$ - средних при реализации кластерного анализа.
19. Меры близости.
20. Методы объединения: метод одиночной связи, метод полной связи, метод невзвешенных и взвешенных попарных средних.
21. Взвешенный и невзвешенный центроидный метод, метод Варда.
22. Оптимальность разбиения при иерархическом кластерном анализе: теоретический и эмпирический подходы
23. Методы выбора центров тяжести при проведении кластерного с использованием  $k$ – средних.
24. Алгоритм реализации метода  $k$ - средних.
25. Использование пакетов прикладных программ при осуществлении кластерного анализа.
26. Сущность многомерного дисперсионного анализа.
27. Ограничения при использовании многомерного дисперсионного анализа.
28. Содержание рабочей и альтернативных гипотез.
29. Отбор результативных признаков
30. Алгоритм многомерного дисперсионного анализа.
31. Критерий  $F$ - Фишера, особенности его расчета.
32. Сущность и назначение факторного анализа. Сферы его применения.
33. Сочетание факторного анализа с другими статистическими методами, в том числе методами многомерного анализа.
34. Информационный куб, требование к признакам.
35. Преобразование исходных данных.
36. Общая линейная модель факторного анализа.
37. Факторные нагрузки, их содержание.
38. Общий алгоритм факторного анализа.
39. Определение факторов, метод главных компонент и центроидный метод.
40. Математический аппарат формирования матрицы факторных нагрузок
41. Вращение матрицы факторных нагрузок, его цель. Методы вращения: варимакс, квартимакс, биквартимакс, эквимакс.
42. Математический алгоритм вращения. Интерпретация факторов после вращения.
43. Иерархический факторный анализ.
44. Дискриминантный анализ как комплекс многомерных методов, его назначение.
45. Группирующие и дискриминантные переменные. Требования к дискриминантным переменным.
46. Пошаговый алгоритм дискриминантного анализа. Критерий  $\lambda$  - Уилкса.
47. Построение дискриминантных функций, их исследование
48. Матрицы факторной структуры.
49. Оценка эффективности дискриминантных функций.
50. Функции классификации. Классификация новых совокупностей.

51. Формулировка основной гипотезы MANOVA. Отличие MANOVA от ANOVA.
52. Геометрический смысл канонических переменных. Интерпретация их весов.
53. Предпочтение применения ANCOVA вместо ANOVA.
54. Разница между метрическим и неметрическим MDS. Выбор числа измерений.
55. Свойства многомерного нормального распределения.

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине может применяться **балльно-рейтинговая** система контроля и оценки успеваемости студентов.

В основу балльно-рейтинговой системы (БРС) положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего, промежуточного контроля и промежуточной аттестации знаний.

Первая часть текущего рейтинга включает в себя баллы за выполнение индивидуальных заданий на практических занятиях (всего работ - 10). Максимальная оценка за выполнение каждой работы - 10 баллов. Максимально возможная сумма баллов в рейтинге, полученная при выполнении практических работ, может составить 100 баллов. Критерии оценки выполненных работ приведены в таблице:

Таблица 7

| Оценка                    | Количество баллов | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «5»<br>(отлично)          | 9-10              | оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, выполнивший практическую работу полностью, в работе корректно применены методы многомерного анализа, нет ошибок в расчетах, сделаны глубокие выводы. Студент дал полные ответы на все заданные вопросы по работе. Недостатков по оформлению работы не имеется. |
| «4»<br>(хорошо)           | 7-8               | оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, выполнивший практическую работу полностью, имеются недочеты в применении методов многомерного анализа, проведенном анализе и полученных выводах. Студент дал верные ответы на все заданные вопросы по работе. Недостатков по оформлению работы не имеется.      |
| «3» (удовлетворительно)   | 5-6               | оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, выполнивший практическую работу полностью, но имеются существенные недочеты в применении методов многомерного анализа и полученных выводах. Студент дал верные ответы не на все вопросы. По оформлению работы имеются недостатки.                    |
| «2» (неудовлетворительно) | 0-4               | оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, выполнивший практическую работу не по своему варианту или с грубейшими нарушениями применения методов многомерного анализа и последовательности анализа.                                                                                           |



Вторая часть текущего рейтинга включает в себя баллы за ответы на коллоквиуме. За обсуждение сложных и дискуссионных вопросов ставится 5 баллов.

Таблица 8

| Оценка                    | Количество баллов | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «5»<br>(отлично)          | 5                 | содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренным программой и учебником; содержание материала раскрыто последовательно, достаточно хорошо продумано; материал изложен грамотным языком, с точным использованием терминологии; показано умение иллюстрировать материал конкретными примерами; продемонстрировано усвоение ранее изученного материала; показано умение делать обобщение, выводы, сравнение; содержание материала изложено самостоятельно, без наводящих вопросов; материал изложен в строго определенных рамки, ответы лаконичны. |
| «4»<br>(хорошо)           | 4                 | содержание материала раскрыто в полном объеме, предусмотренным программой и учебником; в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии; приведение примеров вызывает затруднение; показано умение делать обобщение, выводы, сравнение; содержание материала излагалось с помощью наводящих вопросов и подсказок; изложение материала растянуто                                                                                                                                               |
| «3» (удовлетворительно)   | 3                 | не полно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса, достаточное для дальнейшего изучения программного материала; последовательность изложения материала недостаточно продумана; в изложении материала имелись затруднения и допущены ошибки в определении понятий и в использовании терминологии; приведение примеров вызывает затруднение; обобщение, выводы, сравнение делаются с помощью преподавателя; содержание материала излагалось с помощью наводящих вопросов и подсказок; изложение материала растянуто.                  |
| «2» (неудовлетворительно) | 2                 | не раскрыто основное содержание учебного материала; допущены ошибки в определении понятий; неумение приводить примеры при объяснении материала; незнание ранее изученного материала; полное неумение делать обобщение, выводы, сравнения; содержание материала излагалось с многочисленными подсказками, показавшими незнание или непонимание большей части учебного материала; регламент выступления не соблюден                                                                                                                                             |

Третья часть текущего рейтинга это решение кейс-задач от Россельхозбанка по изученным темам. Участники команды, занявшей 1 место за решение кейс-задачи, получают по 10 баллов, 2 место – 7 баллов, 3 место – 4 балла. Максимально возможная сумма баллов, полученная при решении трех кейс-задач (кейс-бука), может составить 30 баллов.

Четвертая часть текущего рейтинга включает в себя баллы за призовые места в хакатоне по МСМ. Студенты команд, занявших призовые места, получают следующие баллы: 1 место – 10 баллов, 2 место – 7 баллов, 3 место – 5 баллов.

Пятая часть текущего рейтинга включает в себя баллы за итоговое тестирование. 5 баллов выставляется за 100% правильно решенный тест.

Таким образом, максимальная сумма баллов, которую может набрать студент по текущему рейтингу, может составить:  $10 \cdot 10 + 5 + 10 \cdot 3 + 10 + 5 = 150$ .

В зависимости от набранного количества баллов по текущему рейтингу студент получает соответствующую оценку по четырехбалльной шкале:

Таблица 9

| Количество набранных баллов | Шкала оценивания | Зачет с оценкой     |
|-----------------------------|------------------|---------------------|
| 127-150                     | 85-100%          | Отлично             |
| 105-126                     | 70-84%           | Хорошо              |
| 90-104                      | 60-69%           | Удовлетворительно   |
| 0-89                        | 0-59%            | Неудовлетворительно |

Промежуточный контроль проводится с использованием вопросов по каждой изучаемой теме дисциплины. Критерии выставления оценок по промежуточной аттестации представлены в таблице 10.

Таблица 10

**Критерии оценивания результатов ответа на вопросы по зачету с оценкой**

| Зачет с оценкой                       | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| зачет с оценкой отлично               | оценку « <b>отлично</b> » заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов. Студент дал полные ответы на все заданные три вопроса, в том числе ответил на дополнительные. |
| зачет с оценкой хорошо                | оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал. Студент дал полные ответы на два вопроса, в том числе ответил на дополнительные.      |
| зачет с оценкой удовлетворительно     | оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал. Студент дал верные ответы на один вопрос.                                   |
| незачет с оценкой неудовлетворительно | оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал. Студент не дал ни одного ответа на заданные вопросы.                                        |

Итоговая оценка за зачет складывается из 40% оценки текущего рейтинга и 60% оценки по промежуточной аттестации.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 7.1 Основная литература

1. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для вузов / В. Е. Гмурман. — 12-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 479 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-00211-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/559584> (дата обращения: 25.08.2025).
2. Дубров, А. М. Многомерные статистические методы для экономистов и менеджеров: учеб. / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. — М.: Финансы и статистика, 2011. — 350 с.
3. Многомерные статистические методы: Учебное пособие / А. Е. Шибалкин, А. В. Уколова, Б. Ш. Дашиева [и др.]; рец. Т. Н. Ларина; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва, 2024. — 144 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Свободный доступ из сети Интернет (чтение). — Режим доступа: [http://elib.timacad.ru/dl/full/s20122024Ukolova\\_v4.pdf](http://elib.timacad.ru/dl/full/s20122024Ukolova_v4.pdf). - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:[http://elib.timacad.ru/dl/full/s20122024Ukolova\\_v4.pdf](http://elib.timacad.ru/dl/full/s20122024Ukolova_v4.pdf)>.
4. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели : учебник для вузов / В. Д. Мятлев, Л. А. Панченко, Г. Ю. Ризниченко, А. Т. Терехин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 321 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01698-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/561493> (дата обращения: 25.08.2025).
5. Чураков, Е. П. Введение в многомерные статистические методы / Е. П. Чураков. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 148 с. — ISBN 978-5-507-47141-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/330530> (дата обращения: 25.08.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### 7.2 Дополнительная литература

1. Берикашвили, В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебник для вузов (Глава 3) / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 164 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09216-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563721> (дата обращения: 25.08.2025).
2. Винюков, И. А. Многомерные статистические методы : учебное пособие / И. А. Винюков. — Москва : Финансовый университет, 2014. — 192 с. — ISBN 978-5-7942-1205-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/208406> (дата обращения: 25.08.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гателюк О. В. Проверка статистических гипотез : учебное пособие для вузов / О. В. Гателюк, Н. В. Манюкова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 112 с. — Текст : непосредственный.» — URL: <https://e.lanbook.com/book/238709> (дата обращения: 25.08.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Ленъков, С. Л. Статистические методы в психологии : учебник и практикум для вузов (Раздел IV) / С. Л. Ленъков, Н. Е. Рубцова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 311 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-11061-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565629> (дата обращения: 25.08.2025).
5. Математические методы в биологии: анализ биологических данных в системе Statistica : учебник для вузов / С. Н. Гашев, Ф. Х. Бетляева, М. Ю. Иванова, К. Р. Цицкиева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 170 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19263-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563012> (дата обращения: 25.08.2025).
6. Пригарин, С. М. Статистическое моделирование многомерных гауссовских распределений : учебник для вузов / С. М. Пригарин. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 83 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10209-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/565367> (дата обращения: 25.08.2025).
7. Трусова, А. Ю. Анализ данных. Многомерные статистические методы : учебное пособие / А. Ю. Трусова. — Самара : Самарский университет, 2023. — 92 с. — ISBN 978-5-7883-2029-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/406649> (дата обращения: 25.08.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **7.3 Статьи, опубликованные в научных журналах 1 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России и сборниках научных работ конференций уровня А\***

1. Mina Dalirrooyfard, Konstantin Makarychev, Slobodan Mitrović Pruned Pivot: Correlation Clustering Algorithm for Dynamic, Parallel, and Local Computation Models // Proceedings of the 41 st International Conference on Machine Learning, Vienna, Austria. PMLR 235, 2024. — PP. — URL: <https://openreview.net/pdf?id=saP7s0ZgYE>
2. Fanindia Purnamasari, Umayra Ramadhani Putri Nasution, Marischa Elveny, Hayatunnufus Hayatunnufus Customer Clusterization using Machine Learning Approach // MLMI '24: Proceedings of the 2024 7th International Conference on Machine Learning and Machine Intelligence (MLMI) Pages 15 – 19. — URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3696271.3696274>
3. Li, Q., Wang, X., Huang, Q. et al. Molecular-level enhanced clusterization-triggered emission of nonconventional luminophores in dilute aqueous solution. Nat Commun 14, 409 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36115-w>. — URL: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-36115-w#citeas>

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. Сайт Федеральной службы государственной статистики (<https://rosstat.gov.ru/>) (открытый доступ)

## 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 11

### Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование раздела учебной дисциплины | Наименование программы | Тип программы                        | Автор                      | Год разработки |
|-------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------|
| 1     | Раздел 1. Все темы                      | Excel                  | расчётная                            | MS                         | Текущая версия |
| 2     |                                         | STATISTICA             | расчётная                            | TIBCO Software Inc.        | Текущая версия |
| 3     |                                         | Google Colaboratory    | расчётная                            | Google                     | Текущая версия |
| 4     |                                         | Jupyter Notebook       | расчётная                            | Jupyter.org                | Текущая версия |
| 5     |                                         | Python                 | расчетная, обучающая, контролирующая | Python Software Foundation | Текущая версия |
| 6     |                                         | Anaconda               | расчетная, обучающая, контролирующая | Anaconda, Inc.             | Текущая версия |

## 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Занятия проводятся в специализированных аудиториях, оснащенных мультимедийным оборудованием для проведения лекционных занятий. Практические занятия проводятся с использованием технических и программных средств в аудитории, оснащенной персональными компьютерами и доступом в интернет.

Таблица 12

### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

| Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)                                                                                                           | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                     | 2                                                                                                                                                                                                                             |
| учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная | Количество рабочих мест: 16<br>1. Компьютеры 28 шт.<br>Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><i>аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (2й учебный корпус, 102 ауд.)</i></p>                                                                                                                                                                                                                       | <p>802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Стенд «Сергеев Сергей Степанович 1910-1999» 1 шт. (Инв.№591013/25)</li> <li>Огнетушитель порошковый 1 шт. (Инв. №559527)</li> <li>Подвесное крепление к огнетушителю 1 шт. (Инв. № 559528)</li> <li>Жалюзи 2шт. (Инв. №1107-221225, Инв. №1107-221225)</li> <li>Стул 29 шт.</li> <li>Стол компьютерный 28 шт.</li> <li>Стол для преподавателя 1 шт.</li> <li>Доска маркерная 1 шт.</li> <li>Трибуна напольная 1 шт. (без инв. №)</li> </ol> <p>Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики</p> |
| <p><i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (2й учебный корпус, 106 ауд.)</i></p> | <p>Количество рабочих мест: 16</p> <p>Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE.</p> <p>Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики</p>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p><i>учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы (2й учебный корпус, 302 ауд.)</i></p>                      | <p>Количество рабочих мест: 16</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Системный блок 17 шт.</li> <li>Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE.</li> <li>Монитор 17 шт.</li> <li>Телевизор 1 шт.</li> <li>Стол для преподавателя 1 шт.</li> <li>Стол компьютерный 16 шт.</li> <li>Стул офисный 17 шт.</li> </ol> <p>Структурное подразделение: Институт Экономики и управления, Кафедра Статистики и кибернетики</p>                                          |
| <p><i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная</i></p>                                                                                                                                                         | <p>Количество рабочих мест: 24</p> <p>Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (1й учебный корпус, 212 ауд.)</i>                                                                                                                                                                                                                       | 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE.<br>Структурное подразделение: Кафедра Цифровая кафедра                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <i>учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для проведения курсового проектирования (выполнения курсовых работ), учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации (1й учебный корпус, 214 ауд.)</i> | Количество рабочих мест: 24<br>Встроенные сетевые адаптеры (Intel I219-V или Realtek RTL8111H), интерфейс RJ-45, скорость 10/100/1000 Мбит/с. Точки доступа: Ubiquiti UniFi AP AC Pro, стандарты IEEE 802.11a/b/g/n/ac, частоты 2.4 ГГц (450 Мбит/с) и 5 ГГц (1300 Мбит/с), поддержка MU-MIMO, питание PoE.<br>Структурное подразделение: Кафедра Цифровая кафедра |
| <i>Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Читальные залы библиотеки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <i>Студенческое общежитие</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Комната для самоподготовки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

### Рекомендации студентам по освоению дисциплины

1. Прежде, чем приступать к выполнению практического задания, следует освоить теоретический материал по данной теме. Проверка степени освоения теоретического материала может быть проведена самостоятельно на основе контрольных вопросов после каждой лекции.
2. Практические задания выполняются по индивидуальному варианту. За работы, выполненные не по своему варианту, баллы рейтинга не начисляются.
3. Четко уясните цель и задачи практического задания. Ознакомьтесь с методикой выполнения данной работы по методическим указаниям, и только после этого приступайте к выполнению задачи.
4. Особое внимание уделяйте смысловой интерпретации промежуточных и окончательных результатов Вашей работы. Выводы формулируйте четко и ясно.
5. Выполненные работы оформляются в программе Word. Все расчетные промежуточные и окончательные таблицы, графики, выполненные в программах Excel, Statistica, вставляются в работу. У преподавателя должно быть полное представление о ходе выполнения работы. Пример выполнения и оформления практических работ представлен в разработанных для вас методических указаниях.
6. Каждая работа защищается с выставлением рейтинговой оценки. Защита может проходить как устно (опрос), так и в виде письменных ответов группы на заданные вопросы.
7. Умейте создавать себе внутренние стимулы. Многое в умственном труде не настолько интересно, чтобы выполнять с большим желанием. Часто единственным движущим стимулом является лишь *надо*.



8. Для каждой работы ищите наиболее рациональные приёмы умственного труда. Избегайте трафарета и шаблона. Не жалейте времени на то, чтобы глубоко *осмыслить* сущность фактов, явлений, закономерностей, с которыми вы имеете дело. Чем глубже вы вдумались, тем прочнее запоминается материал. До тех пор, пока новые знания не осмыслены, не старайтесь запомнить – это будет напрасная трата времени.

9. В часы сосредоточенного умственного труда каждый должен работать совершенно самостоятельно, не мешая друг другу, если вас в комнате несколько человек. Если есть возможность работать в читальном зале, максимально используйте эту возможность.

10. Никогда не откладывайте какую-то часть работы, которую надо выполнить сегодня, на завтра. Своевременность выполнения практических заданий по эконометрике является залогом успешного освоения дисциплины, так как некоторые работы носят «сквозной» характер, то есть результаты одной работы являются условием или исходной информацией для последующей.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Все виды учебных работ должны быть выполнены точно в сроки, предусмотренные программой обучения. Студент, пропустивший занятия по уважительной причине, обязан представить преподавателю подтверждающий документ и защитить пропущенные работы в часы, отведенные для еженедельных консультаций. Если студент пропустил занятия по неуважительной причине (пропустил выполнение практической работы) и не выполнил какое-либо из учебных заданий не выполнил самостоятельную работу, выполнил работу не по своему варианту и т.п.), то за данный вид учебной работы баллы рейтинга не начисляются. Студент обязан представить и защитить пропущенные работы в часы, отведенные для еженедельных консультаций. Подготовленные работы позже положенного срока оцениваются с понижающим коэффициентом.

### **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

Курс рассчитан на 108 часов, в том числе 68,35 часа – контактной работы. Материал дисциплины (10 тем) рассчитан на один семестр со следующей структурой: 34 часа лекций и 34 часа практических занятий на 3 курсе.

Дисциплина «Многомерные статистические методы» должна давать не абстрактно-формальные, а прикладные знания.

Освоение методов многомерного статистического анализа позволит студентам в будущем использовать их для решения профессиональных задач.

Для проведения практических занятий необходимы компьютерные классы, оснащенные персональными компьютерами, доступом в интернет и лицензионными пакетами прикладных программ Excel, Statistica.

Неотъемлемой частью учебной работы является самостоятельная работа студентов, на которую в учебном плане отведено определенное количество часов. В процессе самостоятельной работы предполагается закрепление знаний и навыков, полученных студентами на лекционных и практических занятиях, уг-



лубленное изучение дисциплины и применение полученных знаний и навыков на практике для решения конкретных практических задач. Кроме того, в рамках самостоятельной работы студенты ведут подготовку к защите практических работ, а также к сдаче зачета с оценкой.

Контроль степени освоения дисциплины «Многомерные статистические методы» осуществляется с использованием балльно-рейтинговой системы, включающей текущий (защита практических заданий) и промежуточный контроль знаний и умений студентов (зачет с оценкой). Следует отметить, что на практике не всегда удается проводить сплошной текущий контроль выполнения домашних заданий, поэтому иногда преподаватель может использовать выборочное устное собеседование или фронтальный письменный опрос по вопросам, предложенным для защиты практического задания.

Студент может провести собственное статистическое исследование аграрных данных, применяя методы многомерного анализа. В случае надлежащего качества, его работа может быть заслушана на научном кружке кафедры или на студенческой научной конференции.

### **Программу разработал:**

Дашиева Б.Ш., к.э.н  
(ФИО, ученая степень, ученое звание)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись)

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины Б1.О.18 «Многомерные статистические методы»  
ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», на-  
правленностям «Большие данные и машинное обучение», «Компьютерные науки и  
технологии искусственного интеллекта»  
(квалификация выпускника – бакалавр)

Вахрушевой Инной Алексеевной, доцентом кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидатом педагогических наук (далее по тексту рецензент), проведено рецензирование рабочей программы дисциплины «Многомерные статистические методы» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направленности «Большие данные и машинное обучение», «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта» (бакалавриат), разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре статистики и кибернетики (работчик – Дашиева Б.Ш., доцент кафедры статистики и кибернетики, канд. экон. наук).

Рассмотрев представленные на рецензирование материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Многомерные статистические методы» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии». Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к обязательной части учебного цикла – Б1.О.

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Многомерные статистические методы» закреплено 1 универсальная (3 индикатора), 1 общепрофессиональная (2 индикатора) и 1 профессиональная (инструментальная из КРМ) (1 индикатор) **компетенции**. Дисциплина «Многомерные статистические методы» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. Результаты обучения, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Многомерные статистические методы» составляет 3 зачётные единицы (108 часов).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Многомерные статистические методы» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии» и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Многомерные статистические методы» предполагает занятия в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (защита практических работ, выступления и участие в дискуссиях, диспутах, хакатоне, тестирование), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины обязательной части учебного цикла – Б1.О ФГОС ВО направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников (базовый учебник), дополнительной литературой – 7 наименований, статьи, опубликованные в научных журналах 1 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России и сборниках научных работ конференций уровня А\* – 3 источника, Интернет-ресурсы – 1 источник и соответствует требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта направления 09.03.02 «Информационные системы и технологии».

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Многомерные статистические методы» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Многомерные статистические методы».

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенного рецензирования можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Многомерные статистические методы» ОПОП ВО по направлению 09.03.02 «Информационные системы и технологии», направленностям «Большие данные и машинное обучение», «Компьютерные науки и технологии искусственного интеллекта» (квалификация выпускника – бакалавр), разработанная доцентом кафедры статистики и кибернетики, кандидатом экономических наук, Дашиевой Б.Ш. соответствует требованиям ФГОС ВО, компетентностно-ролевых моделей в сфере искусственного интеллекта, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Вахрушева Инна Алексеевна, доцент кафедры высшей математики ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кандидат педагогических наук

 «26» августа 2025 г.  
(подпись)