

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Прикладные многомерные методы статистики

---

Уровень высшего образования

Магистратура

---

Направление подготовки / специальность

01.04.02 - Прикладная математика и информатика

---

Направленность образовательной программы

Анализ данных в прикладных областях

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.02 Прикладные многомерные методы статистики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач производственно-технологической деятельности	<p>ПК-11.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p> <p>ПК-11.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых производственно-технологических задач</p>	<p>ПК-11.1: Знать типовые прикладные задачи многомерного статистического анализа</p> <p>ПК-11.2: Уметь выполнять типовые процедуры многомерного статистического анализа для научно-исследовательских работ</p> <p>ПК-11.3: Иметь навыки применения методов многомерного анализа для решения производственно-технологических задач</p>	Собеседование Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-4: Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1: Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.2: Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p> <p>ПК-4.3: Имеет навыки применения методов разработки и анализа</p>	<p>ПК-4.1: Знать алгоритмы решения статистических задач многомерного статистического анализа</p> <p>ПК-4.2: Уметь использовать современное программное обеспечение для решения прикладных задач многомерного статистического анализа</p>	Собеседование Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы

	концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	ПК-4.3: Уметь интерпретировать результаты анализа многомерных статистических моделей		
--	---	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>1</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>75</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Распознавание образов и типологизация объектов.	66	8	8	16	50
Снижение размерности признакового пространства.	32	6	6	12	20
Многомерное шкалирование.	9	2	2	4	5
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	16	16	33	75

#### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Распознавание образов и типологизация объектов.

Классификация с обучением: дискриминантный анализ. Классификация без обучения: кластерный анализ

2. Снижение размерности признакового пространства.

Факторный анализ. Метод главных компонент.

3. Многомерное шкалирование. Задача многомерного шкалирования. Меры близости на основе условных вероятностей. Метрические меры различия профилей. Модель Торнгена. Неметрические методы. Снижение размерности признакового пространства.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа состоит в чтении основной литературы и подготовке к промежуточной аттестации.

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-11:**

1. Многомерный статистический анализ: его особенности и технологии. Основные разделы многомерного статистического анализа.
1. Кластерный анализ. Метод k-средних. Метод поиска сгущений. Функционалы качества разбиения. Число кластеров.
2. Кластерный анализ. Иерархический кластерный анализ. Дендограммы.
3. Примеры применения кластерного анализа. Использование кластерного анализа для характеристики деятельности коммерческих банков на основе данных журнала "Профиль".
4. Дискриминантный анализ. Параметрический дискриминантный анализ в случае нормальных классов Две генеральные совокупности, имеющие известные многомерные нормальные распределения и равные матрицы ковариаций.
5. Дискриминантный анализ. Параметрический дискриминантный анализ в случае нормальных классов Две генеральные совокупности, имеющие известные многомерные нормальные распределения и неравные матрицы ковариаций.
6. Дискриминантный анализ. Параметрический дискриминантный анализ в случае нормальных классов Многомерные нормальные распределения, параметры которых оцениваются по выборке.

7. Дискриминантный анализ. Классификация наблюдений в случае нескольких генеральных совокупностей. Определение числа и вида дискриминирующих функций. Классификация объектов с помощью функции расстояния.

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

1. Применение дискриминантного анализа: диагностика причин кризисного состояния и банкротства предприятий.
2. Факторный анализ. Основные понятия факторного анализа.
3. Метод главных компонент. Статистическая оценка надежности решений методами главных компонент.
4. Задача о числе факторов. Критерий Кайзера. Критерий «каменистой осыпи».
5. Факторный анализ как метод классификации. Факторные нагрузки. Вращение факторной структуры. Методы вращения.
6. Многомерное шкалирование. Задача многомерного шкалирования. Основные подходы к многомерному шкалированию. Меры близости на основе условных вероятностей.
7. Многомерное шкалирование. Метрические меры различия профилей. Модель Торнгенсона. Примеры.
8. Неметрическое многомерное шкалирование.
9. Использование многомерного шкалирования в маркетинговых исследованиях

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя
не зачтено	Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает развернутого ответа на вопросы

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

**Задача 1.** По данным, представленным в таблице провести классификацию  $n=5$  семей по двум показателям: уровень расходов (тыс.у.е.) за летние месяцы на культурные нужды, спорт и отдых –  $x_1$  и питание  $x_2$ .

№ колхоза	1	2	3	4	5
2	4	8	12	13	
10	7	6	11	9	

В качестве расстояния между объектами принять

- 1) обычное евклидово расстояние;

Классификацию провести по иерархическому агломеративному алгоритму. Расстояние между кластерами измерять по принципу: а) «ближайшего соседа

Сравнить полученные результаты и обосновать выбор окончательного решения.

#### 5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4:

**Задача 1.** Деятельность пяти сельскохозяйственных предприятий характеризуется показателями объема реализованной продукции растениеводства и животноводства с одного гектара пашни ( тыс.руб..га ). Значения показателей представлены в таблице:

Номер хозяйства ( $i$ )	1	2	3	4	5
	24,9	15,1	11,7	16,7	27,3
	9,8	11,1	8,8	8,9	9,4

Требуется с помощью иерархического агломеративного алгоритма провести классификацию сельскохозяйственных предприятий и построить дендограмму при использовании обычной евклидовой метрики методом «дальнего соседа». Сделать выводы.

**Задача 2.** По семи предприятиям имеются следующие данные о результатах работы за отчетный период:

Таблица

Номер предприятия	Выпуск продукции на одного работающего, млн. руб.	Прибыль от реализации продукции млн. руб.
1	51	28
2	63	39
3	48	29
4	39	37
5	30	18
6	58	36
7	61	55

По иерархическому агломеративному алгоритму провести классификацию предприятий. В качестве расстояния между объектами принять евклидово расстояние. Расстояние между кластерами измерять по принципу «средней связи».

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя
не	Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	развернутого ответа на вопросы

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Дискриминантный анализ. Проблемы классификации. Принципы правильной классификации. Функции потерь и вероятности неправильной классификации. Решение задачи байесовских процедур классификации.
2. Статистическая оценка надежности решения методом главных компонент.
3. Факторный анализ. Факторные нагрузки. Простая факторная структура. Вращение факторной структуры. Методы вращения.
4. Факторный анализ – метод главных компонент. Собственные значения, задача о числе факторов. Критерий Кайзера. Критерий каменистой осыпи.
5. Дискриминантный анализ. Определение ошибки классификации.
6. Дискриминантный анализ. Классификация без обучения: расщепление смесей распределения. EM-алгоритм.
7. Дискриминантный анализ. Классификация наблюдений в случае нескольких генеральных совокупностей.



Классификация с помощью функции расстояния.

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-4

8. Дискриминантный анализ в случае нормальных распределений. Две генеральные совокупности с неравными ковариациями.
9. Дискриминантный анализ в случае нормальных распределений. Две генеральные совокупности с равными ковариациями.
10. Дискриминантный анализ. Принципы правильной классификации. Функции потерь и вероятности неправильной классификации. Решение задачи байесовских процедур классификации.
11. Иерархический кластерный анализ. Дендограммы. Примеры.
12. Кластерный анализ. Функционалы качества разбиений. Число кластеров.
13. Кластерный анализ. Метод средних. Метод поиска сгущений. Метод Ворда.
14. Кластерный анализ. Меры сходства между объектами. Расстояние между кластерами.
15. Применение кластерного и дискриминантного анализа.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Студент дает верные развернутые ответы на вопросы преподавателя
не зачтено	Студент отвечает только на часть вопросов, или отвечает с ошибками, или не дает развернутого ответа на вопросы

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Айвазян Сергей Артемьевич. Прикладная статистика. Основы эконометрики : учеб. для вузов экон. специальностей : в 2 т. Т. 1. Теория вероятностей и прикладная статистика. - 2-е изд., испр. - М. : Юнити, 2001. - 656 с. - ISBN 5-238-00304-8 : 246.00., 3 экз.
2. Айвазян Сергей Артемьевич. Прикладная статистика. Основы эконометрики : учеб. для вузов : в 2 т. Т. 2. Основы эконометрики. - 2-е изд., испр. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. - 432 с. - (Takis). - ISBN 5-238-00305-6 : 336.00., 12 экз.

Дополнительная литература:

1. Магнус Ян Р. Эконометрика. Начальный курс : учеб. для студентов вузов, обучающихся по экон. специальностям / Акад. нар. хоз-ва при Правительстве РФ. - 7-е изд., испр. - М. : Дело, 2005.

- 504 с. - ISBN 5-7749-0055-X : 176.00., 2 экз.

2. Многомерный статистический анализ в экономике = Multidimensional Statistical Analysis in Economics : учеб. пособие для вузов / под ред. В. Н. Тамашевича. - М. : Юнити-Дана, 1999. - 598 с. - ISBN 5-238-00099-5 : 105.00., 3 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

среда статистических вычислений R (адрес для установки [www.r-project.org](http://www.r-project.org), лицензия GNU GPL)

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.02 - Прикладная математика и информатика.

Автор(ы): Тихов Михаил Семенович, доктор физико-математических наук, профессор.

Заведующий кафедрой: Зорин Андрей Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.