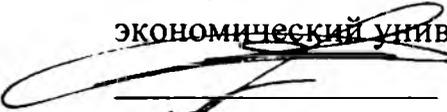


Учреждение образования “Белорусский государственный экономический университет”

УТВЕРЖДАЮ

Ректор учреждения образования  
“Белорусский государственный  
экономический университет”

  
В.Ю. Шутилин

“ 18 ” 05 2020 г.

Регистрационный № УД 4405-20 /уч.

## **МНОГОМЕРНЫЕ СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности  
1-25 01 05 «Статистика»

2020

Учебная программа составлена на основе учебного плана учреждения высшего образования по специальности 1-25 01 05 «Статистика», регистрационный № 23Р-13 от 10.06.2013.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Сошникова Людмила Антоновна, профессор кафедры статистики учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет», доктор экономических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Панков Дмитрий Алексеевич, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, анализа и аудита в отраслях народного хозяйства учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет», доктор экономических наук, профессор

Ермолицкая Елена Вячеславовна, Начальник управления информационных технологий Министерства экономики Республики Беларусь, кандидат экономических наук;

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой статистики учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

(протокол № 8 от 24 марта 2020 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный экономический университет»

(протокол № 5 от 15.04.2020)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Целью преподавания учебной дисциплины «Многомерные статистические методы» является формирование у студентов основ теоретических знаний и практических навыков работы с результатами многомерных наблюдений, многомерными методами аналитической статистики, являющимися важнейшим инструментарием в современных исследованиях социально-экономических явлений и процессов.

Задачи, которые стоят перед изучением данной учебной дисциплины: приобретение знаний для решения теоретических и практических задач; овладение приёмами и методами системного и сравнительного анализа и исследовательскими навыками для реализации требований квалификационной характеристики по специальности «Статистика».

Требования к профессиональным компетенциям специалиста.

Специалист должен:

- АК-2 Владеть системным и сравнительным анализом.
- АК-3 Владеть исследовательскими навыками.
- АК-4 Уметь работать самостоятельно.
- АК-5 Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью)
- АК-6 Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
- ПК-10 Участвовать в разработке форм статистической отчетности.
- ПК-11 Производить сбор статистической информации, обрабатывать и систематизировать данные, полученные в результате статистического наблюдения, обобщать и анализировать результаты обработки статистической информации.
- ПК-12 Составлять аналитические записки и обзоры, характеризующие социально-экономическое развитие регионов, готовить статистические данные для органов управления, субъектов хозяйствования, научных и научно-исследовательских организаций.
- ПК-13 Применять основные методы оценки прогнозов и целевых программ социально-экономического и научно-технического развития, регионального природопользования и эффективного использования ресурсного потенциала.
- ПК- 14 организовывать хранение и передачу статистической информации
- ПК-16. Организовывать работу малых коллективов исполнителей для достижения поставленных целей.
- ПК-17. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, владеть современными средствами телекоммуникаций.

– ПК-20. Выявлять взаимосвязи между социально-экономическими явлениями и количественно их выражать.

– ПК-21. Решать аналитические задачи с привлечением специальных статистических пакетов прикладных программ и персональных компьютеров.

– ПК-24. Разрабатывать бизнес-планы создания новых технологий и оценивать конкурентоспособность и экономическую эффективность разрабатываемых технологий.

– ПК-25. Применять методы анализа и организации внедрения инноваций.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

– перечень основных методов и алгоритмов реализации многомерного статистического анализа;

– условия и особенности их применения в экономико-статистических исследованиях;

– специальное статистическое программное обеспечение для выполнения расчетов на компьютере

**уметь:**

– использовать на практике специализированные и универсальные пакеты программ для обработки статистических данных на компьютере;

– проводить анализ исходных статистических данных в условиях функционирования автоматизированных рабочих мест;

– выполнять расчеты по различным алгоритмам и методам многомерного статистического анализа вручную и с использованием специальных компьютерных программ;

– правильно интерпретировать полученные результаты;

– соотносить типы решаемых статистических задач и необходимый статистический инструментарий многомерного анализа.

**владеть:**

– современными информационными технологиями для реализации многомерных статистических методов на компьютере,

– работы с современными статистическими пакетами компьютерных программ

– междисциплинарным подходом при решении экономических проблем;

– методами анализа статистических данных.

В соответствии с образовательным стандартом высшего образования по специальности 1-25 01 05 «Статистика» типовая учебная программа рассчитана на 136 часов, из них аудиторных занятий 68 часов. Распределение по видам

занятий: лекций – 40 часов; лабораторных занятий – 8 часов, практических занятий – 20 час.

Форма текущей аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Содержание учебного материала

### **Тема 1. Задачи и методы многомерного статистического анализа**

Понятие многомерного статистического анализа, его место и роль в социально-экономических исследованиях. Теоретические основы современного статистического анализа экономической информации. Взаимосвязь современных статистических методов с развитием информационных технологий и вычислительной техники. Задачи, решаемые при помощи методов многомерного статистического анализа. Классификация методов многомерного статистического анализа: методы изучения корреляционных связей; методы снижения размерности признакового пространства; методы многомерной классификации. Область применения методов многомерного статистического анализа.

### **Тема 2. Использование элементов матричной алгебры и аналитической геометрии в многомерном статистическом анализе**

Виды матриц, используемых в статистическом анализе. Матричное представление результатов многомерных статистических наблюдений. Операции над матрицами. Определение матрицы. Обращение матриц. Решение системы линейных уравнений с использованием обратных матриц. Квадратичные формы. Определение собственных чисел и собственных векторов. Использование матриц при расчете многомерных средних. Вычисление корреляционной и ковариационной матриц.

Понятие вектора. Действия над векторами. Ортогональные и ортонормированные векторы. Понятие линейной независимости векторов. Преобразование системы координат. Поворот системы координат. Прямоугольное и косоугольное вращение координатных осей.

### **Тема 3. Распределение многомерной случайной величины**

Двумерные и многомерные случайные величины. Распределение одномерной, двумерной и многомерной случайных величин. Оценка параметров нормального распределения случайных величин. Метод наименьших квадратов. Метод максимального правдоподобия. Метод моментов. Основные свойства статистических оценок. Примеры использования многомерной нормальной плотности вероятностей в анализе социально-экономических явлений и процессов.

#### **Тема 4. Проверка статистических гипотез в анализе многомерных случайных величин**

Статистические гипотезы в анализе одномерных и многомерных случайных величин. Проверка гипотезы о равенстве вектора средних значений заданному вектору. Критерий Хотеллинга. Проверка гипотезы о равенстве двух векторов средних значений. Проверка гипотезы о равенстве двух ковариационных матриц.

#### **Тема 5. Робастное статистическое оценивание**

Устойчивое оценивание. Понятие "грубые ошибки", причины возникновения и методы их выявления в статистической совокупности. Критерии Граббса, Титъена – Мура.

Методы исчисления устойчивых (робастных) оценок средних значений, подходы Пуанкаре, Винзора и Хубера.

#### **Тема 6. Множественный корреляционно-регрессионный анализ**

Понятие корреляционной зависимости и методы ее изучения. Парные и частные коэффициенты корреляции, способы их вычисления в матричной форме. Множественные коэффициенты детерминации и корреляции, их экономическая интерпретация.

Оценка параметров уравнения линейной регрессии. Проверка адекватности регрессионной модели и значимости отдельных коэффициентов регрессии ( $t$ -критерий Стьюдента и  $F$ -критерий Фишера – Снедекора). Применение корреляционно – регрессионного анализа для оценки тесноты и определения формы связи между социально-экономическими явлениями.

Использование компьютеров и специальных статистических пакетов программ для проведения многомерного корреляционно – регрессионного анализа. Содержательная интерпретация полученных результатов корреляционно – регрессионного анализа.

#### **Тема 7. Кластерный анализ**

Общая характеристика методов кластерного анализа. Отличительная особенность многомерных группировок. Меры сходства и расстояния. Расстояние между объектами: евклидова метрика, расстояние city-block ( $l_1$  - норма), расстояние Минковского, расстояние Махаланобиса.

Иерархический кластерный анализ. Агломеративный и дивизимный алгоритмы иерархического анализа. Алгоритмы объединения кластеров (методы ближайшего соседа, дальнего соседа, метод средней связи). Геометрическая интерпретация результатов иерархического кластерного анализа.

Итеративные методы кластерного анализа. Метод  $k$ -средних, метод поиска сгущений.

Оценка результатов разбиения на кластеры. Функционалы качества классификации.

Основные проблемы при классификации объектов, описываемых качественными признаками. Взаимосвязь методов кластерного анализа с другими методами многомерного статистического анализа.

## **Тема 8. Дискриминантный анализ**

Основные положения дискриминантного анализа и условия его применения. Дискриминантные переменные и дискриминантные функции. Расчет коэффициентов дискриминантной функции и их содержательная интерпретация.

Процедуры классификации в дискриминантном анализе. Классификация при наличии двух обучающих выборок. Расчет константы дискриминации. Обобщение алгоритма классификации для  $k$ -обучающих выборок ( $k > 2$ ). Взаимосвязь между дискриминантными переменными и дискриминантными функциями. Вопросы практического применения дискриминантного анализа.

## **Тема 9. Факторный анализ**

Сущность и классификация методов факторного анализа. Задачи, решаемые при помощи факторного анализа. Выявление скрытых (латентных) переменных. Фундаментальная теорема факторного анализа (теорема Терстоуна). Проблемы факторного анализа. Модели и алгоритмы реализации факторного анализа.

Метод главных компонент. Система линейных уравнений для определения значений главных компонент. Понятие факторной нагрузки. Матрица факторных нагрузок и экономическая интерпретация ее элементов. Вычисление значений главных компонент. Формирование названий главных компонент. Определение вклада каждой компоненты в суммарную дисперсию исходных переменных. Использование главных компонент при проведении корреляционно – регрессионного анализа.

Сущность метода главных факторов. Разложение дисперсии в факторном анализе. Критерий определения числа общих факторов. Понятие простой

структуры. Вращение пространства общих факторов с целью получения простой структуры. Статистическая оценка надежности решений в факторном анализе. Вычисление матрицы значений общих факторов для отдельных единиц наблюдения.

Использование компьютеров и специальных статистических пакетов программ для проведения компонентного и факторного анализа. Интерпретация полученных результатов компьютерного решения задач.

### **Тема 10. Метод канонических корреляций**

Особенности метода канонических корреляций в изучении причинно-следственных связей массовых экономических явлений. Математическая модель и алгоритм вычисления канонических переменных и коэффициентов канонической корреляции. Процедуры отсева малозначимых факторов. Критерий оценки значимости коэффициентов канонических корреляции. Экономическая интерпретация результатов канонического корреляционного анализа.

### **Тема 11. Многомерное шкалирование**

Сущность и теоретические основы методов многомерного шкалирования. Задачи, решаемые при помощи методов многомерного шкалирования. Специфика исходных данных в многомерном шкалировании. Матрицы условных вероятностей и матрицы перехода. Основные категории, применяемые в шкалировании: стимул, шкала, эксперт, предпочтение, стресс-формулы. Основные типы моделей многомерного шкалирования: дистанционные и векторные модели. Метрическая модель Торгерсона.

Неметрические методы многомерного шкалирования. Приемы и методы получения исходных ранговых оценок. Стандартизация оценок координат и расстояний. Поиск стартовой конфигурации и алгоритмы улучшения оценок расстояний. Анализ предпочтений на основе различных типов моделей.

Взаимосвязь многомерного шкалирования с методами факторного, корреляционно – регрессионного и кластерного анализа.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер темы	Название темы	Количество аудиторных часов					Иное	Форма контроля знаний		
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Количество часов УСРС				
						Л			ПЗ	Лаб
1	Задачи и методы многомерного статистического анализа	2	–	–	–					
2	Использование элементов матричной алгебры и аналитической геометрии в многомерном статистическом анализе	4	2	–	–					
3	Распределение многомерной случайной величины	2	2	–	–					
4	Проверка статистических гипотез в анализе многомерных случайных величин	4	2	–	–			Контрольн. работа		
5	Робастное статистическое оценивание	4	2	–	–					
6	Множественный корреляционно-регрессионный анализ	4	2	–	2			Контрольн. работа		
7	Кластерный анализ	4	2	–	2					
8	Дискриминантный анализ	4	2	–	2					
9	Факторный анализ	4	2	–	2			Контрольн. работа		
10	Метод канонических корреляций	4	2	–				Контрольн. работа		
11	Многомерное шкалирование	4	2	–						
	Итого	40	20	–	8			Зачет		

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Многомерные статистические методы»

В овладении знаниями учебной дисциплины важным этапом является самостоятельная работа студентов. Рекомендуется бюджет времени для самостоятельной работы в среднем 2-2,5 часа на 2-х часовое аудиторное занятие.

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- первоначально подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и по разделам, наличие ее в библиотеке и других доступных источниках, в том числе и интернет-источниках, изучение необходимой литературы по теме, подбор дополнительной литературы;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, консультаций, электронного конспекта лекций преподавателя по отдельным темам;
- подготовка к практическим и лабораторным занятиям по специально разработанным планам с изучением основной и дополнительной литературы, специальных статистических пакетов прикладных программ, позволяющих реализовать изучаемые многомерные методы на компьютере;
- подготовка к выполнению диагностической формы контроля (контрольные работы);
- подготовка к зачету.

### Законодательные акты

1. О государственной статистике: Закон Республики Беларусь 28 ноября 2004 г. № 345-З.

2. О государственной программе создания Единой информационной системы государственной статистики Республики Беларусь на 2007-2011 годы: Указ Президента Республики Беларусь от 13 ноября 2006 г. № 665.

3. Основные положения национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2020 года //Белорус. экон. журн. – 2004. - №3.

4. Положение о Белстате. (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/o-belstate/pravovye-osnovy-gosudarstvennoi-statistiki-respubl/polozhenie-o-natsionalnom-statisticheskom-komitee/>. Дата доступа: 10.04.2015.

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная

- 1 Сошникова, Л.А. Многомерный статистический анализ. Учебно - методический комплекс (электронной учебно методический комплекс) для специальности 1-25 01 05 «Статистика» / Л.А. Сошникова. — Минск : БГЭУ. 2016. — 112 с. [Электронный ресурс]
2. Сошникова, Л.А. Многомерный статистический анализ: Практикум : учеб. пособие / Л. А. Сошникова. – Минск : БГЭУ, 2015. – 198 с.

### Дополнительная

- 3 Боровиков, В.П. Популярное введение в современный анализ данных и машинное обучение на Statistica / В.П. Боровиков. — М. : ЮНИТИ-ДАНА. 2018. — 354 с.
- 4 Электронный учебник по статистике (Электронный ресурс). Режим доступа -<http://statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (название кафедры) (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) <sup>1</sup>
Логистика	Кафедра логистики и ценовой политики	Замечаний нет <i>оу ооуи</i>	Протокол № 8 от 24 марта 2020г <i>АБ</i> <i>Александр НБ</i>

<sup>1</sup> При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.