

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт экологии и природопользования



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

## Программа дисциплины

Вычислительная экология: классификация наблюдений Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 05.03.06 - Экология и природопользование

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Костерина Е.А. , Чижикова Н.А.

**Рецензент(ы):**

Савельев А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Зарипов Ш. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института экологии и природопользования:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 231118

Казань  
2018

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Костерина Е.А. кафедры моделирования экологических систем отделение экологии , Ekaterina.Kosterina@kpfu.ru ; доцент, к.н. Чижикова Н.А. кафедры моделирования экологических систем отделение экологии , Nelly.Chizhikova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

формирование представления об экспертных шкалах и современных методах многомерного статистического анализа данных в экологии: ординации и классификации; формирование понимания общих и наиболее важных понятий и математической основы данных методов и развитие практических навыков анализа данных. Все это может быть использовано выпускниками в профессиональной деятельности в области охраны окружающей среды и оценки воздействий на окружающую среду, а также во всех научных и практических областях, где требуется анализ влияния человеческой деятельности и условий окружающей среды на структуру и состояние сообществ растений и животных.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 05.03.06 Экология и природопользование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Классификация наблюдений, экологическая ординация и синтаксономия" (Б3.ДВ.3) относится к вариативной части учебного цикла Б3 "Профессиональные (специальные) дисциплины" профиля "Моделирование в экологии" и осваивается на 4 курсе (7 семестр). Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих курсов математического и естественнонаучного цикла (Б2) "Математика", "Информатика", "Теория вероятностей и матстатистика" и общих курсов профессионального цикла (Б3) "Общая экология", "Биоразнообразие". Полученные при освоении дисциплины знания и умения облегчают освоение дисциплин "Моделирование и анализ пространственных данных", "Компьютерные программы прикладной статистики" вариативной части профиля "Моделирование в экологии", а также могут быть использованы при выполнении научно-исследовательской работы и выпускной работы бакалавра.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	владение базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию
ОПК-3 (профессиональные компетенции)	владение профессионально профилированными знаниями и практическими навыками в общей геологии, теоретической и практической географии, общего почвоведения и использовать их в области экологии и природопользования
ОПК-5 (профессиональные компетенции)	владение знаниями основ учения об атмосфере, гидросфере, биосфере и ландшафтоведении

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-6 (профессиональные компетенции)	владение знаниями основ природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, оценки воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды
ОПК-8 (профессиональные компетенции)	владение знаниями о теоретических основах экологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, способностью к использованию теоретических знаний в практической деятельности
ОПК-9 (профессиональные компетенции)	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способность проводить мероприятия и мониторинг по защите окружающей среды от вредных воздействий; осуществлять производственный экологический контроль
ПК-13 (профессиональные компетенции)	владение навыками планирования и организации полевых и камеральных работ, а также участия в работе органов управления
ПК-14 (профессиональные компетенции)	владение знаниями об основах земледелия, климатологии, гидрологии, ландшафтоведения, социально-экономической географии и картографии
ПК-15 (профессиональные компетенции)	владение знаниями о теоретических основах биогеографии, экологии животных, растений и микроорганизмов
ПК-18 (профессиональные компетенции)	владение знаниями в области теоретических основ геохимии и геофизики окружающей среды, основ природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владение методами отбора проб и проведения химико-аналитического анализа вредных выбросов в окружающую среду, геохимических исследований, обработки, анализа и синтеза производственной, полевой и лабораторной экологической информации, методами составления экологических и техногенных карт, сбора, обработки, систематизации, анализа информации, формирования баз данных загрязнения окружающей среды, методами оценки воздействия на окружающую среду, выявления источники, виды и масштабы техногенного воздействия
ПК-20 (профессиональные компетенции)	владение методами геохимических и геофизических исследований, общего и геоэкологического картографирования, обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации и использовать теоретические знания на практике; методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использовать теоретические знания на практике

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способность реализовать технологические процессы по переработке, утилизации и захоронению твердых и жидких отходов; организовывать производство работ по рекультивации нарушенных земель, по восстановлению нарушенных агросистем и созданию культурных ландшафтов
ПК-8 (профессиональные компетенции)	владение знаниями теоретических основ экологического мониторинга, экологической экспертизы, экологического менеджмента и аудита, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, основы техногенных систем и экологического риска

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы методов анализа многомерных данных.

2. должен уметь:

применять методы классификации и ординации для решения практических задач.

3. должен владеть:

необходимыми теоретическими знаниями о многомерных распределениях и практическими навыками использования прикладного программного обеспечения, предназначенного для реализации методов анализа многомерных данных.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания и навыки в своей научно-практической деятельности

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Синтаксономия и экспертные шкалы.	7	1	2	0	8	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Классификация многомерных наблюдений, реализация методов классификации на языке R.	7	2-9	8	0	16	Контрольная работа Отчет
3.	Тема 3. Математические методы ординации и их реализация на языке R.	7	10-17	6	0	14	Отчет
4.	Тема 4. Рандомизационные методы анализа данных и их реализация на языке R.	7	18	2	0	8	Отчет
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			18	0	46	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Синтаксономия и экспертные шкалы.

#### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Классы природных объектов и экспертные шкалы в экологических науках. Синтаксономия в фитоценологии: классификация растительности, её сложность, обусловленная континуумом. Основные принципы классификации растительности: доминантный (физиономический) подход, эколого-флористический подход. Принципы выделения синтаксонов. Сильные и слабые стороны методов при классификации луговых и лесных сообществ. Метод классификации Браун-Бланке, понятие о диагностических, характерных, дифференцирующих, константных видах. Кодекс фитосоциологической номенклатуры. Основные высшие синтаксоны растительности России по классификации Браун-Бланке. Программа Juice для выполнения классификации по методу Браун-Бланке.

#### *лабораторная работа (8 часа(ов)):*

Разбор программы Juice для выполнения синтаксономии.

### Тема 2. Классификация многомерных наблюдений, реализация методов классификации на языке R.

#### *лекционное занятие (8 часа(ов)):*

Классификация многомерных наблюдений: многомерные выборки; постановка задачи классификации. Классификация при полностью описанных классах. Параметрическая классификация. Непараметрическая классификация при наличии обучающих выборок. Кластерный анализ. Классификация задач кластерного анализа. Параллельные кластер-процедуры, использующие понятие эталонных точек или множеств, в случае известного и неизвестного числа классов. Последовательные кластер-процедуры: решение задачи группирования, метод k-средних. Меры близости объектов классификации. Меры близости классов. Иерархические процедуры - методы ближайшего соседа, дальнего соседа, наименьшей внутриклассовой дисперсии, центров, средневзвешенных расстояний. Иерархические процедуры с весами и без весов. Классификация нормированных данных. Классификация дихотомических данных. Сравнение различных иерархических процедур. Методы предварительной обработки наблюдений. Выявление естественного разбиения объектов классификации на классы. Построение древовидных экспертных систем и регрессионных деревьев (CART). Реализация методов классификации на языке R.

**лабораторная работа (16 часа(ов)):**

Анализ данных с помощью классификации средствами языка R.

**Тема 3. Математические методы ординации и их реализация на языке R.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Определение ординации. Представление данных в виде многомерного облака точек. Математические методы ординации: обзор четырех базовых методов. Анализ главных компонент (Principal component analysis, PCA), собственные числа и собственные вектора, интерпретация. Модификации метода главных компонент: стандартизация и центрирование, их необходимость и случаи использования. Понятие нелинейной структуры данных, коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причины. Метод главных координат и неметрическое многомерное шкалирование. Анализ соответствия. Детрендированный анализ соответствия (бестрендовый или с удаленным трендом). Сокращения названий методов ординации, принятые в англоязычной литературе. Методы прямой и непрямой ординации. Значение ординации для снижения размерности данных. Прокрустова корреляция. Рекомендации по выбору методов. Реализация методов ординации на языке R.

**лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Анализ данных с помощью ординации средствами системы R.

**Тема 4. Рандомизационные методы анализа данных и их реализация на языке R.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Тест Мантеля для проверки связи между объектами как альтернатива корреляционному анализу, алгоритм метода. Метод ANOSIM анализа сходства групп объектов как альтернатива дисперсионному анализу, алгоритм метода.

**лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Анализ данных спомощью рандомизационных методов средствами системы R.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Синтаксономия и экспертные шкалы.	7	1	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Классификация многомерных наблюдений, реализация методов классификации на языке R.	7	2-9	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа
				подготовка к отчету	14	отчет
3.	Тема 3. Математические методы ординации и их реализация на языке R.	7	10-17	подготовка к отчету	16	отчет
4.	Тема 4. Рандомизационные методы анализа данных и их реализация на языке R.	7	18	подготовка к отчету	4	отчет
Итого					44	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекции содержат в себе изложение математических основ методов и разбор конкретных ситуаций применения методов (case study) с использованием компьютерных презентаций. На каждой лекции предполагается опрос студентов по предыдущему материалу.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе с использованием готовых пакетов прикладных программ и методических разработок преподавателей кафедры моделирования экологических систем. На каждом занятии предполагается групповое обсуждение поставленной задачи, сложностей при ее решении и полученных результатов.

Интерактивные формы проведения занятий составляют 40% аудиторной нагрузки.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Синтаксономия и экспертные шкалы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Студентам будет предложено заполнить глоссарий по теме, либо самостоятельно построить синтаксономическую классификацию с помощью программы Juice.

### Тема 2. Классификация многомерных наблюдений, реализация методов классификации на языке R.

контрольная работа , примерные вопросы:

Студенту будет предложено письменно ответить на вопросы, связанные с тематикой классификации многомерных наблюдений. (Примерные вопросы: Параметрическая и Непараметрическая классификация. Классификация с учителем. Кластерный анализ. Метод k-средних. Меры близости классов. Методы ближайшего соседа, дальнего соседа. Классификация нормированных данных. Классификация дихотомических данных.)

отчет , примерные вопросы:

Студентам будет предложено самостоятельно провести классификацию учебных данных в среде R и подготовить отчет, с описанием кода и графическим и табличным описанием результатов.

### **Тема 3. Математические методы ординации и их реализация на языке R.**

отчет , примерные вопросы:

Студентам будет предложено самостоятельно провести ординацию учебных данных в среде R и подготовить отчет, с описанием кода и графическим и табличным описанием результатов.

### **Тема 4. Рандомизационные методы анализа данных и их реализация на языке R.**

отчет , примерные вопросы:

Студентам будет предложено самостоятельно проанализировать учебные данные методами Mantel и Anosim и подготовить отчет, с описанием кода и графическим и табличным описанием результатов.

### **Итоговая форма контроля**

зачет

Примерные вопросы к зачету:

Текущий контроль успеваемости и контроль выполнения самостоятельной работы осуществляются путем устного опроса студентов на лекциях, проверки решений на практических занятиях и по результатам выполнения контрольной работы. Самостоятельная работа студентов предполагает проведение самостоятельного анализа данных, проработку теоретического материала и развитие практических навыков с использованием основной и дополнительной литературы и Интернет-источников.

Вопросы к итоговому контролю:

Синтаксономия в фитоценологии: классификация растительности, её сложность, обусловленная континуумом.

Принципы классификации растительности

Метод классификации растительности Браун-Бланке

Понятие диагностических, характерных, дифференцирующих, константных видов

Метод главных координат.

Метод k-средних

Метод наименьшей внутриклассовой дисперсии

Классификация при полностью описанных классах.

Параметрическая и непараметрическая классификация

Классификация нормированных и дихотомических данных.

Регрессионные деревья

Ординация

Методы ординации

Анализ главных компонент

Метод главных координат

Неметрическое многомерное шкалирование

Тест Мантеля для проверки связи между объектами как альтернатива корреляционному анализу

Тест Anosim

### **7.1. Основная литература:**

1. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для студентов вузов / В.Е. Гмурман .- 12-е изд., перераб.- Москва : Высшее образование, 2007 .- 478 с.

2. Методы эконометрики: Учебник / С.А. Айвазян; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). - М.: Магистр: ИНФРА-М, 2010. - 512 с.: 70x100 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9776-0153-5 - URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=196548>
3. Использование языка R для статистической обработки данных : учебно-методическое пособие / Казан. гос. ун-т, Фак. географии и экологии ; сост. А. А. Савельев, С. С. Мухарамова, А. Г. Пилюгин .-Казань : Казанский государственный университет, 2007 .- 28 с. - в свободном доступе в каталоге учебных ресурсов КФУ - URL: [http://kpfu.ru/docs/F407025247/metodichka\\_R\\_2.pdf](http://kpfu.ru/docs/F407025247/metodichka_R_2.pdf)
4. Основные понятия языка R : учебно-методическое пособие / Казан. гос. ун-т, Фак. географии и экологии ; сост. А. А. Савельев, С. С. Мухарамова, А. Г. Пилюгин, Е. А. Алексеева .- Казань : Казанский государственный университет, 2007 .- 29 с. - в свободном доступе в каталоге учебных ресурсов КФУ - URL: [http://kpfu.ru/docs/F568269105/metodichka\\_R\\_1.pdf](http://kpfu.ru/docs/F568269105/metodichka_R_1.pdf)
5. Brian Everitt, Torsten Hothorn. An Introduction to Applied Multivariate Analysis with R. Springer, 2011. (доступно по университетской подписке на сайте издательства Springer <http://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-9650-3/page/1>)
6. Wolfgang Karl Härdle, Léopold Simar. Applied Multivariate Statistical Analysis. Springer, 2012. (доступно по университетской подписке на сайте издательства Springer <http://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-17229-8/page/1>)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Компьютерные технологии анализа данных в эконометрике / Д.М. Дайитбегов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: ИНФРА-М, 2010. - 578 с.: 70x100 1/16. - (Научная книга). (переплет) ISBN 978-5-9558-0191-9 - URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=251791>
2. Балдин, К. В. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : Учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев. - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2010. - 473 с. - ISBN 978-5-394-00617-3. - URL: <http://znanium.com/bookread.php?book=414902>
3. Гусева, Е. Н. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : Уч. пособ. / Е. Н. Гусева. - 5-е изд., стереотип. - М. : Флинта, 2011. - 220 с. - ISBN 978-5-9765-1192-7. - URL: <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=406064>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Научная библиотека издательства Springer - <http://link.springer.com>  
Статистическая система R - <http://www.R-project.org>  
Страница Ordination methods for ecologists университета Оклахомы - <http://ordination.okstate.edu/>  
Страница пакета vegan для многомерного анализа данных - <http://vegan.r-forge.r-project.org/>  
Страница разработчиков программы Juice - <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Вычислительная экология: классификация наблюдений" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Проектор и интерактивная доска; компьютеры с установленной системой R.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.03.06 "Экология и природопользование" .

Автор(ы):

Костерина Е.А. \_\_\_\_\_

Чижикова Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Савельев А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.