

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



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Введение в количественные методы в экологии БЗ.ДВ.3

Направление подготовки: 022000.62 - Экология и природопользование

Профиль подготовки: Моделирование в экологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Костерина Е.А. , Чижикова Н.А.

**Рецензент(ы):**

Зарипов Ш.Х.

**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 245915

Казань  
2015

## 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 о современных методах многомерного статистического анализа данных в экологии - методах градиентного анализа и классификации; о рандомизационных методах анализа взаимосвязей и анализа сходства объектов, о построении регрессионных моделей; 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 во всех фундаментальных и практических областях, где требуется анализ наблюдений за состоянием индивидуумов, популяций и сообществ растений и животных, а также требуется оценка взаимосвязи их состояния с природными и антропогенными воздействиями окружающей среды.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.ДВ.3 Профессиональный" основной образовательной программы 022000.62 Экология и природопользование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина "Введение в количественные методы в экологии" (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
ОК-1 (общекультурные компетенции)	владеть культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения
ОК-13 (общекультурные компетенции)	владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией
ОК-2 (общекультурные компетенции)	уметь логически верно, аргументированно и ясно строить устную и письменную речь

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	иметь базовые знания в области информатики и современных геоинформационных технологий, владеть навыками использования программных средств и работы в компьютерных сетях, умением создавать базы данных и использовать ресурсы Интернета, владеть ГИС-технологиями; уметь работать с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач
ПК-1 (профессиональные компетенции)	обладать базовыми знаниями в области фундаментальных разделов математики в объеме, необходимом для владения математическим аппаратом экологических наук, для обработки информации и анализа данных по экологии и природопользованию
ПК-11 (профессиональные компетенции)	владеть методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использовать теоретические знания на практике
ПК-2 (профессиональные компетенции)	обладать базовыми знаниями фундаментальных разделов физики, химии и биологии в объеме необходимом для освоения физических, химических и биологических основ в экологии и природопользовании, иметь представление о современной естественнонаучной картине мира, владеть методами химического анализа, а также методами отбора и анализа геологических и биологических проб, иметь навыки идентификации и описания биологического разнообразия, его оценки современными методами количественной обработки информации, включая использование методов прикладной статистики и геоинформационных технологий
ПК-4 (профессиональные компетенции)	иметь базовые общепрофессиональные (общэкологические) представления о теоретических основах общей экологии, геоэкологии, экологии человека, социальной экологии, охраны окружающей среды, о системном анализе и моделировании в экологии и природопользовании
ПК-6 (профессиональные компетенции)	знать основы природопользования, экономики природопользования, устойчивого развития, методов оценки и прогнозирования воздействия на окружающую среду, правовых основ природопользования и охраны окружающей среды, быть способным понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в области экологии и природопользования, в том числе, с использованием методов математической статистики, геоинформационных технологий и математического моделирования
ПК-9 (профессиональные компетенции)	владеть методами прикладной экологии, экологического картографирования, экологической экспертизы и мониторинга; владеть методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации и использовать теоретические знания на практике

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основы методов анализа многомерных данных.

2. должен уметь:

применять методы градиентного анализа и классификации, а также рандомизационные методы 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 демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания и навыки в научной и практической деятельности

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен 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. Регрессионные модели.	7	1-2	4	0	4	отчет
2.	Тема 2. Статистические методы классификации.	7	2-8	28	0	8	отчет контрольная работа
3.	Тема 3. Рандомизационные методы анализа классов и выборок, реализация методов на языке R.	7	9	2	0	2	отчет
4.	Тема 4. Градиентный анализ, реализация методов на языке R.	7	10-13	10	0	4	отчет
5.	Тема 5. Контрольная работа по разделам 1, 3 и 4.	7	14	0	0	0	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			44	0	18	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Регрессионные модели.

#### *лекционное занятие (4 часа(ов)):*

Проверка исходных данных: аномальные точки, мультиколлинеарность предикторов. Предположения об исходных данных: нормальность, однородность, независимость наблюдений, фиксированные значения предиктора. Модели: линейные, нелинейные, двумерная и множественная регрессия, аддитивная регрессия. Проверка параметров модели и оценка качества модели.

#### *лабораторная работа (4 часа(ов)):*

Знакомство с системой R. Построение регрессионных моделей с помощью инструментов системы R.

### Тема 2. Статистические методы классификации.

#### *лекционное занятие (28 часа(ов)):*

Постановка задачи классификации. Данные, используемые для классификации: их размерность, шкала измерения, законы распределения. Обзор методов классификации. Классификация при полностью описанных классах. Параметрическая классификация, метод максимального правдоподобия. Дискриминантный анализ. 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. Нейронная сеть Кохонена. Метрические и неметрические меры сходства объектов классификации. Меры близости классов. Иерархические процедуры - методы ближайшего соседа, дальнего соседа, центров, средневзвешенных расстояний, оптимизационные, с весами и без весов. Нормирование данных, предпосылки и цели. Ограничения методов при классификации дихотомических данных, способы решения проблемы. Сравнение методов иерархической классификации. Предварительная обработка наблюдений. Дендрограммы и агломерационный график: интерпретация и выявление естественного разбиения на классы. Древоподобные экспертные системы и регрессионные деревья (CART).

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

Инструменты языка R для выполнения классификации данных.

### Тема 3. Рандомизационные методы анализа классов и выборок, реализация методов на языке R.

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

Тест Мантеля для проверки связи между классами объектов: возможность анализа многомерных данных, алгоритм метода и интерпретация результатов. Метод ANOSIM анализа сходства групп объектов, возможности для оценки качества экспертных (субъективных) классификаций, алгоритм метода и интерпретация результатов.

#### *лабораторная работа (2 часа(ов)):*

Реализация рандомизационных методов Anosim и Mantel с помощью инструментов системы R.

### Тема 4. Градиентный анализ, реализация методов на языке R.

#### *лекционное занятие (10 часа(ов)):*

Постановка задачи градиентного анализа. Понятие градиента факторов и среды. Многомерность и нелинейная структура данных. Метод градиентного анализа: ординация. Виды техник. Прямой и непрямой градиентный анализ. Области применения градиентного анализа. Примеры. Реализация методов на языке R.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Градиентный анализ с помощью системы R.

**Тема 5. Контрольная работа по разделам 1, 3 и 4.**

**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. Регрессионные модели.	7	1-2	подготовка к отчету	4	отчет
2.	Тема 2. Статистические методы классификации.	7	2-8	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
				подготовка к отчету	16	отчет
3.	Тема 3. Рандомизационные методы анализа классов и выборок, реализация методов на языке R.	7	9	подготовка к отчету	4	отчет
4.	Тема 4. Градиентный анализ, реализация методов на языке R.	7	10-13	подготовка к отчету	16	отчет
5.	Тема 5. Контрольная работа по разделам 1, 3 и 4.	7	14	подготовка к контрольной работе	2	контрольная работа
	Итого				46	

**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. Регрессионные модели.**

отчет , примерные вопросы:

Студенту предлагается провести регрессионный анализ учебных данных в системе R и подготовить отчет с комментариями кода и результатов анализа.

## **Тема 2. Статистические методы классификации.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Студенту предлагается выполнить задание в среде R и проанализировать полученный результат. Пример задания: 1. Подберите метод кластерного анализа, наиболее подходящий для полученного вами набора исходных данных. 2. Выполните классификацию данных методом k-средних в среде R.

отчет , примерные вопросы:

Студенту предлагается выполнить классификацию данных и подготовить отчет с анализом результатов.

## **Тема 3. Рандомизационные методы анализа классов и выборок, реализация методов на языке R.**

отчет , примерные вопросы:

Студенту предлагается провести рандомизационный анализ учебных данных в системе R и подготовить отчет с комментариями кода и результатов анализа.

## **Тема 4. Градиентный анализ, реализация методов на языке R.**

отчет , примерные вопросы:

Студенту предлагается провести градиентный анализ учебных данных в системе R и подготовить отчет с комментариями кода и результатов анализа.

## **Тема 5. Контрольная работа по разделам 1, 3 и 4.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Примерный вопрос для контрольной работы. Перестановочный тест Монте-Карло показал, что фактор влажности при 0.064 уровне значимости (p-value) может быть признан значимым фактором, влияющим на видовой состав ординированных фитоценозов. Если мы зададимся уровнем доверия 0.95, можно ли признать влажность статистически значимым фактором, отвечающим за состав фитоценозов?

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Текущий контроль успеваемости и контроль выполнения самостоятельной работы осуществляются путем устного опроса студентов на лекциях, проверки решений на практических занятиях и по результатам выполнения контрольных заданий. Самостоятельная работа студентов предполагает проработку теоретического материала и развитие практических навыков с использованием основной и дополнительной литературы и Интернет-источников. Предполагается две контрольные работы.

Пример экзаменационных билетов.

Билет 1.

1. В чем суть дискриминантного анализа?
2. Объясните алгоритм перестановочного теста Мантеля.

Билет 2.

1. В чем различие между дивизимными и агломеративными методами кластерного анализа?
2. В чем суть теста ANOSIM?

### **7.1. Основная литература:**

Теория вероятностей и математическая статистика, Гмурман, Владимир Ефимович, 2007г.  
2. Методы эконометрики: Учебник / С.А. Айвазян; Московская школа экономики МГУ им. М.В. Ломоносова (МШЭ). - М.: Магистр: ИНФРА-М, 2010. - 512 с. (доступно по университетской подписке на <http://znanium.com/bookread.php?book=196548>)



3. 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>)
4. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г. Использование языка R для статистической обработки данных: учебно-методическое пособие. - Казань: Изд-во КГУ, 2007. (в свободном доступе в каталоге учебных ресурсов КФУ [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=59689](http://kpfu.ru/publication?p_id=59689))
5. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г. Основные понятия языка R: учебно-методическое пособие. - Казань: Изд-во КГУ, 2007. (в свободном доступе в каталоге учебных ресурсов КФУ [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=59687](http://kpfu.ru/publication?p_id=59687))
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:

Введение в математическую экологию, Зарипов, Шамиль Хузеевич;Скворцов, Эдуард Викторович, 2010г.

2. Гусева Е.Н. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие. М: Флинта, 2011. - 221 с. (<http://www.znaniium.com/catalog.php?bookinfo=406064>)

3. Основы информатизации и математического моделирования экологических систем: Учебное пособие / В.П. Мешалкин, О.Б. Бутусов, А.Г. Гнаук. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 357 с. - <http://www.znaniium.com/catalog.php?bookinfo=184099>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Библиотека, посвященная методам системной экологии - <http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/>

Методы классификации и редукции данных -

<http://www.ievbras.ru/ecostat/Kiril/Article/A16/Volgabas4/Volgabas4.htm>

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/>

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

Освоение дисциплины "Введение в количественные методы в экологии" 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 в компьютерном классе.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 022000.62 "Экология и природопользование" и профилю подготовки Моделирование в экологии .

Автор(ы):

Костерина Е.А. \_\_\_\_\_

Чижикова Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Зарипов Ш.Х. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.