

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.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Градиентный анализ и ординация ФТД.Б.1

Направление подготовки: 05.04.06 - Экология и природопользование

Профиль подготовки: Системная экология и моделирование

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

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 2317

Казань  
2017

## 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. Чижикова Н.А. кафедра моделирования экологических систем отделение экологии , Nelly.Chizhikova@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Формирование понимания математической основы методов ординации, развитие и закрепление практических навыков градиентного анализа. 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 сообществ растений и животных.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " ФТД.Б.1 Факультативные дисциплины" основной образовательной программы 05.04.06 Экология и природопользование и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина 'Градиентный анализ и ординация' относится к вариативной части учебного цикла 'Системная экология и моделирование'. Она базируется на знаниях и умениях, выработанных при прохождении общих курсов математического и естественнонаучного цикла 'Математика', 'Информатика', 'Теория вероятностей и матстатистика', 'Общая экология', 'Биоразнообразие'. Полученные при освоении дисциплины знания и умения могут быть использованы в профессиональной деятельности, 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<br>(общекультурные компетенции)    | способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу   |
| ОПК-2<br>(профессиональные компетенции) | способность применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче географической информации и для решения научно-исследовательских и производственно-технологических задач профессиональной деятельности |
| ОПК-6<br>(профессиональные компетенции) | владение методами оценки репрезентативности материала, объема выборок при проведении количественных исследований, статистическими методами сравнения полученных данных и определения закономерностей  |
| ПК-3<br>(профессиональные компетенции)  | владение основами проектирования, экспертно-аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов  |
| ПК-4<br>(профессиональные компетенции)  | способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований   |

| Шифр компетенции                      | Расшифровка приобретаемой компетенции  |
|---------------------------------------|--|
| ПКД<br>(профессиональные компетенции) | владение методами компьютерного и экологического картографирования, создания и использования тематических географических информационных систем (ГИС) и геопространственных баз данных (ГеоБД), обладание навыками применения ГИС и ГеоБД |

В результате освоения дисциплины студент:

4. должен демонстрировать способность и готовность:

применять полученные знания и навыки в своей научно-практической деятельности, нести ответственность за результаты своей работы

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 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. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.  | 2       | 1               | 0  | 2                    | 0                   | устный опрос                 |
| 2. | Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).                   | 2       | 2-4             | 0  | 5                    | 0                   | отчет компьютерная программа |
| 3. | Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS). | 2       | 4-6             | 0  | 5                    | 0                   | отчет компьютерная программа |
| 4. | Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).   | 2       | 7-8             | 0  | 4                    | 0                   | отчет компьютерная программа |

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля          |
|----|-----------------------------------|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|------------------------------------|
|    |                                   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                                    |
| 5. | Тема 5. Прокрустова<br>корреляция | 2       | 9                  | 0   | 2                       | 0                      | отчет<br>компьютерная<br>программа |
|    | Тема . Итоговая<br>форма контроля | 2       |                    | 0   | 0                       | 0                      | зачет                              |
|    | Итого                             |         |                    | 0   | 18                      | 0                      |                                    |

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Определение ординации. Ординация как метод градиентного анализа. Представление данных в виде многомерного облака точек. Ординация как метод снижения размерности и визуализации многомерных данных. Четыре базовых метода ординации: метод главных компонент, метод главных координат, анализ соответствия, ординация с удаленным трендом. Прямая и непрямая ординация. Понятие нелинейной структуры данных, коэноклины. Эффект арки, эффект подковы и их причина. Программное обеспечение для ординации (Canoco, среда R: пакеты vegan, labdsv, stats).

**Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).**

**практическое занятие (5 часа(ов)):**

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. Непрямая и прямая ординация. Анализ избыточности (Redundancy analysis, RDA). Реализация метода главных компонент и анализа избыточности в среде R.

**Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).**

**практическое занятие (5 часа(ов)):**

Метод главных координат: метрическое и неметрическое многомерное шкалирование. Метрики сходства и различия и их влияние на шкалирование: евклидово расстояние, манхеттанское расстояние (блочное), коэффициент Гувера (Gower), индекс Брэя-Кертиса (Bray-Curtis), индекс Кульчинского, индекс Мориситы (Morisita), индекс Хорна (Horn), индекс Жаккара (Jaccard). Стресс, график Шепарда (Shepard plot). Аналог прямой ординации для метода главных координат. Реализация метода главных координат в среде R.

**Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Анализ соответствия: одновременная ординация видов и сообществ. Непрямая ординация: анализ соответствия (Correspondence analysis), канонический анализ соответствия (Constrained Correspondence analysis). Реализация анализа соответствия в среде R.

**Тема 5. Прокрустова корреляция**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Сравнение ординаций для анализа изменений, прокрустова корреляция.

#### 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. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.  | 2       | 1               | подготовка к устному опросу  | 6                      | устный опрос                          |
| 2. | Тема 2. Прямая и непрямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).                   | 2       | 2-4             | написание кода в среде R для анализа собственных данных с помощью методов PCA и RDA  | 8                      | компьютерная программа                |
|    |  |         |                 | подготовка к отчету по созданной программе и получившимся результатам анализа        | 6                      | отчет                                 |
| 3. | Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS). | 2       | 4-6             | написание кода в среде R для анализа собственных данных с помощью методов MDS и NMDS | 8                      | компьютерная программа                |
|    |  |         |                 | подготовка к отчету по созданной программе и получившимся результатам анализа        | 6                      | отчет                                 |
| 4. | Тема 4. Анализ соответствия (CA, CCA).   | 2       | 7-8             | написание кода в среде R для анализа собственных данных с помощью методов CA и CCA   | 8                      | компьютерная программа                |
|    |  |         |                 | подготовка к отчету по созданной программе и получившимся результатам анализа        | 6                      | отчет                                 |

| N  | Раздел Дисциплины              | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов   | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--------------------------------|---------|-----------------|---|------------------------|---------------------------------------|
| 5. | Тема 5. Прокрустова корреляция | 2       | 9               | написание кода в среде R для анализа собственных данных с помощью прокрустовой корреляции | 3                      | компьютерная программа                |
|    |                                |         |                 | подготовка к отчету по созданной программе и получившимся результатам анализа             | 3                      | отчет                                 |
|    | Итого                          |         |                 |   | 54                     |                                       |

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Практические занятия начинаются с изложения математических основ методов и разбора конкретных ситуаций применения методов (case study) с использованием компьютерных презентаций. На

каждом занятии предполагается опрос студентов по предыдущему материалу.

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

Интерактивные формы проведения занятий составляют 50% аудиторной нагрузки.

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

#### Тема 1. Ординация как один из методов анализа градиентов. Обзор основных методов ординации.

устный опрос , примерные вопросы:

Примерный вопрос устного опроса: у вас имеются данные анализу сообществ хирономид в колонках озерных отложений, а также данные по концентрации в колонках отложений катионов различных металлов и анионов различных солей. Какой метод ординации вы предпочтете для анализа, прямой, или не прямой?

#### Тема 2. Прямая и не прямая ординация методом главных компонент (PCA и RDA).

компьютерная программа , примерные вопросы:

Нужно написать код в среде R для анализа собственных данных с помощью методов PCA и RDA

отчет , примерные вопросы:

Нужно подготовить листинг программы с комментариями, описанием графиков, таблиц, анализом полученной ординации

#### Тема 3. Метод главных координат (метрическое и неметрическое шкалирование, PCoA, MDS, NMDS).

компьютерная программа , примерные вопросы:

Нужно написать код в среде R для анализа собственных данных с помощью методов MDS, NMDS

отчет , примерные вопросы:

Нужно подготовить листинг программы с комментариями, описанием графиков, таблиц, анализом полученной ординации

#### **Тема 4. Анализ соответствия (СА, ССА).**

компьютерная программа , примерные вопросы:

Нужно написать код в среде R для анализа собственных данных с помощью методов СА и ССА

отчет , примерные вопросы:

Нужно подготовить листинг программы с комментариями, описанием графиков, таблиц, анализом полученной ординации

#### **Тема 5. Прокрустова корреляция**

компьютерная программа , примерные вопросы:

Нужно написать код в среде R для анализа собственных данных с помощью прокрустовой корреляции

отчет , примерные вопросы:

Нужно подготовить листинг программы с комментариями, описанием графиков, таблиц, анализом полученной ординации

#### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Примерные вопросы для зачета.

1. Понятие ординации.
2. Эффект арки (арочный эффект), эффект подковы.
3. Метод главных координат, ограничения для его использования.

и пр.

#### **7.1. Основная литература:**

1. Лагутин, М.Б. Наглядная математическая статистика. [Электронный ресурс] ? Электрон. дан. ? М. : Издательство 'Лаборатория знаний', 2015. ? 475 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/70706> ? Загл. с экрана.
2. Балдин, К. В. Общая теория статистики [Электронный ресурс] : Учебное пособие / К. В. Балдин, А. В. Рукосуев. - 2-е изд. - М. : Издательско-торговая корпорация 'Дашков и К-', 2012. - 312 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=415208>

#### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикова Н.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R). - Казань: Казанский ун-т, 2012. - 120с. [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=59674](http://kpfu.ru/publication?p_id=59674), <http://shelly.ksu.ru/e-ksu/docs/F1387902447/geostat-2012.pdf>
2. Буре, В.М. Теория вероятностей и математическая статистика. [Электронный ресурс] / В.М. Буре, Е.М. Парилина. ? Электрон. дан. ? СПб. : Лань, 2013. ? 416 с. ? Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/10249> ? Загл. с экрана.

#### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Научная библиотека издательства Springer - <http://link.springer.com>



Страница с упражнениями для экологов на сайте университета Монтаны -

<http://ecology.msu.montana.edu/labdsv/R/>

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 "Градиентный анализ и ординация" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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 "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Компьютеры с установленной системой R

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 05.04.06 "Экология и природопользование" и магистерской программе Системная экология и моделирование .

Автор(ы):

Чижикова Н.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Зарипов Ш.Х. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.