

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Казахстанский филиал**

Утверждено
Решением Ученого совета
Казахстанского филиала МГУ
от «30» августа 2024г.
протокол № 1

Директор
Казахстанского филиала МГУ



А.В. Сидорович

**ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОЛОГИИ И
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИИ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

по направлению подготовки **05.04.06 Экология и природопользование** уровня
магистратуры с присвоением квалификации (степени) магистра
профиль: Управление низкоуглеродным развитием городов и регионов

Астана, 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользования, утвержденным решением Ученого совета МГУ от 28.12.2020г. протокол № 7.

Год начала подготовки: 2024, 2025

© Географический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова
© Казахстанский филиал МГУ имени М. В. Ломоносова
*Программа не может быть использована другими подразделениями
и университета и другими вузами без разрешения факультета и филиала*

1. Цели и задачи освоения дисциплины

1.1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины “Прикладные информационные технологии в экологии и природопользовании” является формирование у магистрантов системных знаний и практических навыков применения статистических и математических методов с использованием программной среды для решения профессиональных задач в области экологии и природопользования.

Задачи дисциплины

- Изучение современных статистических методов анализа экологических данных
- Освоение программной среды R для экологических исследований
- Формирование навыков обработки и анализа пространственных экологических данных
- Изучение методов математического моделирования экологических процессов
- Освоение методов визуализации и представления экологических данных
- Формирование навыков работы с большими экологическими данными
- Изучение методов временных рядов в экологических исследованиях

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина “Прикладные информационные технологии в экологии и природопользовании” относится к дисциплине по выбору основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы магистратуры по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование, программа «Управление низкоуглеродным развитием городов и регионов». Дисциплина изучается в 3 семестре, на 2 курсе.

Изучению данной дисциплины предшествуют дисциплины бакалавриата: география, биология с основами биогеографии, ландшафтоведение, социально-экономическая география, картография.

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Компетенции выпускников	Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с компетенциями
ПК-1. Способен формулировать проблемы и задачи научного исследования в области экологии и природопользования, обобщать полученные результаты в контексте ранее накопленных в науке знаний, формулировать выводы и рекомендации на основе репрезентативных и оригинальных результатов исследований.	<i>Знать:</i> современные статистические методы, применяемые в экологии и природопользовании; этапы и принципы научного исследования. <i>Уметь:</i> формулировать научные задачи, выбирать и применять статистические методы для анализа экологических данных. <i>Владеть:</i> навыками проведения научных исследований, обработки и интерпретации результатов с использованием статистических технологий.
ПК-2. Способен использовать знания специальных и новых разделов экологии при решении	<i>Знать:</i> современные математические и статистические методы, используемые в экологии.

научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности.	<p><i>Уметь:</i> подбирать и использовать математические и статистические методы для решения прикладных и исследовательских задач.</p> <p><i>Владеть:</i> инструментами анализа и моделирования экологических процессов с помощью математических и статистических методов.</p>
ПК-3. Способен использовать знания специальных и новых разделов природопользования при решении научно-исследовательских задач профессиональной деятельности.	<p><i>Знать:</i> принципы построения программ анализа и мониторинга, основные подходы к статистическому анализу данных окружающей среды.</p> <p><i>Уметь:</i> разрабатывать и реализовывать программы мониторинга, анализировать полученные данные.</p> <p><i>Владеть:</i> методами программной реализации анализа и мониторинга, навыками работы с профильным программным обеспечением.</p>
УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, формулировать научно обоснованные гипотезы, применять методологию научного познания в профессиональной деятельности.	<p><i>Знать:</i> основы системного анализа, методологию научного познания, методы критического мышления.</p> <p><i>Уметь:</i> анализировать проблемные ситуации, формулировать гипотезы, разрабатывать стратегию действий.</p> <p><i>Владеть:</i> навыками применения системного подхода и научной методологии в профессиональной деятельности.</p>
ОПК-5. Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных, технологий.	<p><i>Знать:</i> современные информационно-коммуникационные и геоинформационные технологии, применяемые в экологии.</p> <p><i>Уметь:</i> использовать ИКТ и ГИС для решения профессиональных задач, обрабатывать и анализировать пространственные данные.</p> <p><i>Владеть:</i> практическими навыками работы с профильными программными продуктами, инструментами ГИС и ИКТ.</p>

3.2 Форма проведения учебных занятий по дисциплине

Вид работы	Трудоемкость (в академических часах)
Общая трудоемкость	108
Аудиторная работа:	54
Лекции	18
Практические занятия	36
Лабораторные работы	
Самостоятельная работа:	54
Курсовой проект, курсовая работа	
Расчетно-графическое задание	
Решение задач	
Написание реферата	
Написание эссе	
Самостоятельное изучение разделов	6
Контрольная работа	4
Подготовка к тестированию	6
Подготовка к коллоквиуму	
Подготовка к устному или письменному ответу по темам дисциплины	6
Обработка библиографических данных	
Подготовка докладов по теме дисциплины	
Подготовка презентаций по теме дисциплины	
Индивидуальное собеседование	
Составление конспекта научных работ по теме дисциплины	10
Составление опорных конспектов по теме	10
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	10
Подготовка и сдача экзамена	2
Вид промежуточного контроля	экзамен

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работ

Общая трудоемкость дисциплины 3 зачетных единицы (108 академических часов)

№ п/ п	Раздел (тема) дисциплины	С е м е с т р	Н е д е л я с е м е с т р а	Виды учебной работы, <u>включая СРМ</u> и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточно й аттестации (по семестрам)
--------------	-----------------------------	---------------------------------	--	--	---

				ле кц ия	семи нар	СР М	
1	Введение в статистические методы в экологии	3	1-2	2	4	5	Устный опрос
2	Основы программирования в R для экологии	3	3-4	2	4	5	Устный опрос
3	Описательная статистика экологических данных	3	5-8	4	6	9	Устный опрос
4	Статистические модели в экологии	3	8-9	2	4	7	Устный опрос
5	Пространственная статистика в экологии	3	10-12	2	6	7	Устный опрос
6	Анализ временных рядов экологических данных	3	13-14	2	6	7	Контрольная работа
7	Анализ дистанционного зондирования и работа с растровыми данными	3	15-18	4	6	7	Контрольная работа
	Промежуточная аттестация					7	экзамен
	Итого			18	36	54	108

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Введение в статистические методы в экологии

Обзор типов экологических данных, основные понятия выборки, измерительных ошибок, гипотез и уровней значимости. Классификация статистических методов по назначению: описательная статистика, сравнение групп, корреляционно-регрессионный анализ, непараметрические методы и методы проверки устойчивости выводов. Анализ влияния структур данных (пространственная/временная зависимость, мультимодальность) на выбор методов и интерпретацию результатов.

Задания для самостоятельной работы:

Собрать небольшой набор экологических данных (CSV) и подготовить краткое описание структуры набора (типы переменных, пропуски, единицы измерения).

Провести две базовые проверки гипотез на выбранном наборе (параметрический и непараметрический варианты) и сопоставить результаты.

Оформить выводы о корректности применения методов в R Markdown с указанием использованных функций и пакетов.

Тема 2. Основы программирования в R для экологии

Работа с данными в tidy-стиле: чтение/запись данных, приведение типов, обработка пропусков, переименование и фильтрация. Функции и скрипты для автоматизации: написание собственных функций, использование пайплайнов, модульность кода. Управление проектом: структура папок, Rproj, reproducible workflow и базовая работа с R Markdown для отчётности.

Задания для самостоятельной работы:

Подготовить R Markdown, который загружает исходный CSV, выполняет базовую предобработку и сохраняет очищенный набор.

Реализовать одну полезную функцию для повторяющейся операции (например, стандартизация переменной или заполнение пропусков) и продемонстрировать её использование.

Сформировать краткую инструкцию по структуре проекта и включить её в README репозитория.

Тема 3. Описательная статистика экологических данных

Методы суммирования и визуальной диагностики: частотные таблицы, меры центральной тенденции и разброса, гистограммы, boxplot, диаграммы рассеяния, матрицы корреляций. Выявление и анализ выбросов, преобразования для стабилизации вариабельности, стандартизация и нормализация. Оформление результатов описательной статистики в табличном виде для отчёта.

Задания для самостоятельной работы:

Рассчитать набор описательных статистик по ключевым переменным и представить их в виде аккуратно отформатированной таблицы в R Markdown.

Построить набор диагностических графиков (гистограммы, boxplot, scatter) и проанализировать выявленные аномалии.

Предложить и применить одну трансформацию данных для сильно скошенной переменной, указать влияние трансформации на распределение.

Тема 4. Статистические модели в экологии

Линейные модели и обобщённые линейные модели: постановка задачи, выбор семейства и функции ссылок, интерпретация коэффициентов, проверка предпосылок (нормальность остатков, гетероскедастичность, мультиколлинеарность). Вводные подходы к смешанным моделям при наличии иерархии данных. Представление результатов моделирования в табличной форме с доверительными интервалами и графической диагностикой.

Задания для самостоятельной работы:

Построить LM или GLM для выбранной зависимой переменной, вывести таблицу коэффициентов и сделать интерпретацию значимых предикторов.

Провести диагностические тесты модели и при необходимости предложить шаги по улучшению модели (например, трансформация переменных, удаление коллинеарных предикторов).

Оформить результаты в R Markdown: модельный код, диагностические графики и краткие выводы.

Тема 5. Пространственная статистика в экологии

Форматы пространственных данных, работа с векторными и растровыми слоями, проекции и преобразования. Проверка пространственной автокорреляции (Moran's I и др.), базовые подходы к построению пространственных весовых матриц, интерпретация кластерных паттернов и последствия для классических статистических процедур. Введение в пространственные регрессионные подходы на уровне обзора.

Задания для самостоятельной работы:

Загрузить пространственные точки/полигоны в R (sf), привести слои к одной проекции и документировать выбор проекции.

Рассчитать Moran's I для выбранной переменной, построить карту распределения и кратко интерпретировать результат.

Подготовить краткое описание возможных последующих шагов при обнаружении сильной пространственной автокорреляции.

Тема 6. Анализ временных рядов экологических данных

Предобработка временных рядов: выравнивание временных меток, агрегирование, интерполяция пропусков. Декомпозиция ряда на тренд, сезонность и остатки, автокорреляционная и частичная автокорреляционная функции, базовые подходы к моделированию (ARIMA/SARIMA, экспоненциальное сглаживание) и оценке

прогностической способности. Особенности работы с нерегулярными и разреженными наблюдениями.

Задания для самостоятельной работы:

Привести пример временного ряда к регулярной сетке и выполнить его декомпозицию, представить графики компонент.

Построить и оценить простую прогнозную модель, проверить качество прогноза на отложенной части данных.

Описать ограничения выбранного подхода и возможные пути их устранения.

Тема 7. Анализ дистанционного зондирования и работа с растровыми данными

Импорт и базовая предобработка растровых данных (чтение, проекции, кроп, маскирование, облачная фильтрация при необходимости). Вычисление индексных показателей (например, NDVI), пространственная агрегация по полигонам, визуализация растровых результатов и документирование ограничений (пространственное разрешение, временная привязка, облачность).

Задания для самостоятельной работы:

Импортировать растровый файл, выполнить необходимые предобработки и вычислить один индекс (NDVI или аналог).

Агрегировать вычисленный индекс по заданным полигонам и представить табличные результаты и карту.

Указать источник растровых данных, ограничения качества и возможные артефакты, влияющие на интерпретацию.

Задания для самостоятельной работы общего характера:

Все практические отчёты выполняются в R Markdown; в отчётах обязательно указывать использованные пакеты и их версии, ссылку на источник данных или небольшой тестовый набор.

Каждая тема сопровождается кратким отчётом (1–3 страницы) с кодом, графиками и интерпретацией результатов; при итоговой сдаче прилагается сгенерированный документ (DOCX/PDF) и исходный Rmd.

4.3. Аннотация программы

Дисциплина «Прикладные информационные технологии в экологии и природопользовании» формирует практические навыки работы с экологическими данными и методы их статистического и пространственного анализа с использованием языка R и современных ГИС-инструментов. Программа включает вступление в статистические методы в экологии, основы программирования в R, описательную статистику, построение и проверку статистических моделей (LM/GLM), методы пространственной статистики, обработку и анализ временных рядов, а также методы дистанционного зондирования и работу с растровыми данными. Учебные занятия сочетают лекционные блоки, лабораторные работы и практикумы; самостоятельная работа направлена на предобработку данных, реализацию аналитических сценариев в R Markdown и оформление воспроизводимых отчётов. Итоговые и промежуточные контрольные мероприятия оценивают умение применять статистические и пространственные методы к реальным задачам мониторинга и анализа состояния окружающей среды.

5. Рекомендуемые образовательные технологии

Используются традиционные формы (лекции, семинары) в сочетании с активными и интерактивными методами обучения: проблемные лекции, практические занятия в компьютерных аудиториях, лабораторные работы по обработке данных в R и ГИС-практикумы. В работе акцент на формирование воспроизводимых аналитических

решений: применение R Markdown для подготовки отчётов, использование версионирования (Git) для управления кодом и результатами, организация небольших проектных заданий и кейсов по сбору, очистке и анализу данных. В рамках дисциплины рекомендуются учебные активности: разбор прикладных кейсов, совместные проектные задания в группах, мастер-классы по специфическим инструментам (R-пакеты для пространственного анализа, работа с растровыми данными), защита мини-проектов и публикация результатов в виде кратких отчётов.

Самостоятельная работа студентов ориентирована на практическую реализацию задач: подготовку R Markdown отчётов с кодом и графикой, выполнение лабораторных заданий и мини-проектов, поиск и документирование источников данных. Преподавательская поддержка включает индивидуальные консультации, разбор типичных ошибок при обработке данных и демонстрацию рабочих примеров.

В связи с внедрением интерактивных и цифровых форм предусмотрено:

1. широкое использование компьютерных практикумов и виртуальных рабочих сред (RStudio, облачные ноутбуки при необходимости);
2. применение обучающих материалов в виде видео-демонстраций, репозитория с примерами кода и тестовых наборов данных;
3. использование кейс метода и командной проектной работы для развития практических компетенций;
4. подготовка письменных и цифровых отчётов в формате R Markdown с последующим рендерингом в DOCX/PDF (включая `reference_docx: template.docx`) для единого оформления результатов.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

6.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

№ п/п	Наименование тем (разделов) дисциплины	Компетенции	Формы текущего контроля
1	Введение в статистические методы в экологии	УК-1; ПК-2	Устный опрос, тест
2	Основы программирования в R для экологии	ОПК-5; ПК-3	Устный опрос, тест
3	Описательная статистика экологических данных	ПК-2; ПК-1	Устный опрос, тест
4	Статистические модели в экологии	ПК-1; ПК-2	Устный опрос, тест
5	Пространственная статистика в экологии	ОПК-5; ПК-2	Устный опрос, тест
6	Анализ временных рядов экологических данных	ПК-1; ПК-2	Контрольная работа по лекционному материалу

7	Анализ дистанционного зондирования и работа с растровыми данными	ОПК-5; ПК-3	Контрольная работа по лекционному материалу
---	--	-------------	---

6.2. Учебно-методические рекомендации для обеспечения самостоятельной работы студентов

Методические указания к семинару 1 по теме «Введение в статистические методы в экологии»
На примере небольшого набора экологических данных (формат CSV с полями дат, точек наблюдений и основных показателей) выполнить проверку типов данных, построить описательные характеристики и провести простейшие проверки гипотез (t-тест или непараметрический аналог). В отчёте указать источники данных, допущения и краткие выводы по корректности применения выбранных тестов.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Какие типы данных встречаются в экологических исследованиях и как это влияет на выбор методов анализа?
2. В каких ситуациях предпочтительнее применять непараметрические методы?
3. Какие ошибки наиболее часто приводят к ложным статистическим выводам в прикладных задачах экологии?

Методические указания к семинару 2 по теме «Основы программирования в R для экологии»
Подготовить R-скрипт или R Markdown: загрузить данные, провести базовую предобработку (обработка NA, приведение типов, переименование столбцов), сохранить очищенную таблицу и построить две информативные визуализации с подписями. В коде оформить комментарии и использовать функции для повторяемости.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Какие приёмы программирования повышают воспроизводимость анализа в R?
2. Как структурировать проект в R для работы с экологическими данными (файловая структура, Rproj, README)?
3. Какие практики необходимы для безопасного и корректного хранения промежуточных результатов?

Методические указания к семинару 3 по теме «Описательная статистика экологических данных»

Посчитать основные описательные статистики по ключевым переменным, построить гистограммы, boxplot и диаграммы рассеяния, выявить выбросы и кратко проанализировать их природу (ошибка измерения или реальная вариативность). Подготовить краткий письменный вывод о качестве данных и предложить возможные трансформации.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. По каким критериям отличить реальный крайний показатель от ошибки измерения?
2. Какие трансформации применимы при сильной положительной скошенности распределения и почему?
3. Как визуализация помогает выявлять системные проблемные участки в наборе данных?

Методические указания к семинару 4 по теме «Статистические модели в экологии»

Построить линейную регрессию для выбранной зависимости, выполнить диагностику модели (остатки, гетероскедастичность, мультиколлинеарность), отобразить таблицу коэффициентов с доверительными интервалами и кратко интерпретировать значимые эффекты. При необходимости предложить альтернативное семейство для GLM (Poisson, binomial).

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Какие предпосылки необходимо проверить для корректной интерпретации результатов линейной модели?
2. В каких задачах экологии уместно использовать Poisson или binomial семейства в GLM?
3. Как интерпретировать взаимодействие факторов в модели и зачем стандартизировать предикторы?

Методические указания к семинару 5 по теме «Пространственная статистика в экологии»
Загрузить точечные или полигональные данные в формат sf, привести слои к единой проекции, рассчитать и проинтерпретировать Moran's I для выбранной переменной, построить карту распределения и отметить возможные «горячие точки» или кластеры. Документировать используемые проекции и шаги трансформации.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Что такое пространственная автокорреляция и каким образом она искажает классические статистические выводы?
2. Какие практические шаги помогают уменьшить влияние пространственной автокорреляции при моделировании?
3. В каких случаях требуется использование пространственных моделей (SAR, CAR, spatial GAM) вместо обычных LM/GLM?

Методические указания к семинару 6 по теме «Анализ временных рядов экологических данных»

Привести временной ряд к регулярной сетке, выполнить декомпозицию (тренд, сезонность, остатки), построить ACF/PACF и предложить простую модель прогнозирования (ARIMA/SARIMA или экспоненциальное сглаживание). Сопроводить выводы оценкой предсказательной способности на отложенной части данных.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Как отличить сезонность от тренда и какие методы для этого использовать?
2. Какие проблемы возникают при работе с нерегулярными во времени наблюдениями и как их решают?
3. Какие метрики лучше использовать для оценки качества краткосрочного прогноза в экологических рядах?

Методические указания к семинару 7 по теме «Анализ дистанционного зондирования и работа с растровыми данными»

Импортировать растровый слой, при необходимости выполнить облачную маску или фильтрацию, рассчитать индекс (например, NDVI) из соответствующих каналов, агрегировать результаты по полигонам и визуализировать карту индекса с легендой и пояснением выбранных порогов. В отчёте указать источник растров и ограничения по разрешению.

При обсуждении на семинаре предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Какие ограничения качества и разрешения у растровых данных наиболее критичны для прикладных задач экологии?
2. Как правильно выбирать масштаб агрегирования при расчёте статистик по полигонам?
3. Какие шаги предобработки (геометрическая/радиометрическая коррекция, облачная маска) необходимы перед вычислением индексов?

Рекомендации по оформлению результатов самостоятельной работы и сдаче
Каждая работа подаётся как R Markdown с приложенным сгенерированным документом (.docx или .pdf) и минимальным набором данных или ссылкой на источник. Оценивание основывается на полноте выполнения задания, корректности методов, качестве кода и содержательности интерпретации результатов.

6.3 Перечень контрольных вопросов и заданий к тестам

Тема 1. Введение в статистические методы в экологии

1. Какой тип данных соответствует измерению концентрации вещества в пробе? а) номинальный, б) порядковый, в) количественный непрерывный, г) количественный дискретный
2. Что отражает уровень значимости в статистическом тесте? а) вероятность верного нулевого предположения, б) вероятность ошибочного принятия H_0 , в) вероятность ошибочного отклонения H_0 , г) доверительный интервал
3. При сильном отклонении от нормальности какой подход предпочтителен для сравнения двух независимых выборок? а) t-test, б) ANOVA, в) Манн-Уитни, г) χ^2
4. Ошибка первого рода (α) — это: а) вероятность неверного отклонения H_0 , б) вероятность неверного принятия H_1 , в) вероятность наличия смещения в выборке, г) уровень мощности теста
5. Для оценки влияния двух факторов на количественный показатель лучше использовать: а) простую корреляцию, б) t-test, в) двухфакторную ANOVA или линейную модель, г) χ^2

Тема 2. Основы программирования в R для экологии

1. Какая функция из tidyverse используется для чтения CSV? а) read.csv, б) readr::read_csv, в) data.table::fread, г) utils::scan
2. Что делает оператор %>% в tidyverse? а) присваивает значение переменной, б) применяется как логический оператор, в) передаёт результат предыдущей операции в следующую функцию, г) выполняет группировку
3. Какой файл обычно служит для воспроизводимого отчёта с кодом и текстом? а) .txt, б) .Rmd, в) .py, г) .docx
4. Какая практика повышает воспроизводимость проекта? а) хранить пароли в коде, б) фиксировать версии пакетов и использовать Rproj, в) использовать относительные пути только в локальной машине, г) сохранять графики в бинарном формате без описаний
5. Какой пакет чаще применяют для построения графиков в стиле tidy? а) lattice, б) base, в) ggplot2, г) grid

Тема 3. Описательная статистика экологических данных

1. Какая мера устойчивее к выбросам? а) среднее, б) медиана, в) стандартное отклонение, г) дисперсия
2. Что показывает boxplot? а) только среднее и моду, б) распределение по квартилям и выбросы, в) автокорреляцию, г) спектральную плотность
3. Для оценки силы и направления монотонной связи используют: а) Pearson, б) Spearman, в) χ^2 , г) Mann-Whitney
4. При сильной положительной скошенности данных разумно применить: а) логарифмическую трансформацию, б) возведение в квадрат, в) умножение на константу, г) удаление всех наблюдений > медианы
5. Выявление выбросов методом IQR предполагает сравнение наблюдений с границами: а) $\text{mean} \pm 2\text{sd}$, б) $\text{median} \pm \text{IQR}$, в) $Q1 - 1.5 \cdot \text{IQR}$ и $Q3 + 1.5 \cdot \text{IQR}$, г) $Q1 - 3 \cdot \text{IQR}$ и $Q3 + 3 \cdot \text{IQR}$

Тема 4. Статистические модели в экологии

1. Какая предпосылка важна для корректности t-тестов и LM? а) независимость наблюдений, б) наличие выбросов, в) одинаковое количество переменных, г) использование R Markdown
2. GLM с семейством Poisson применяется при моделировании: а) бинарных исходов, б) дискретных событий, в) непрерывных нормальных ошибок, г) порядковых данных

3. Что показывает р-значение коэффициента в модели? а) размер эффекта, б) вероятность нулевого эффекта при условии данных, в) доверительный интервал, г) автокорреляцию
4. Для проверки мультиколлинеарности используют: а) ACF, б) VIF, в) PCA, г) Moran's I
5. При нарушении гомоскедастичности остатков рекомендовано: а) ничего не делать, б) использовать робастные стандартные ошибки или преобразовать переменные, в) удалять зависимую переменную, г) применять только непараметрические тесты

Тема 5. Пространственная статистика в экологии

1. Moran's I измеряет: а) линейную регрессию, б) пространственную автокорреляцию, в) распределение плотности, г) временную зависимость
2. Почему важно привести слои к одной проекции? а) для эстетики карт, б) чтобы корректно рассчитывать расстояния и площади, в) чтобы изменить значения атрибутов, г) это не обязательно
3. Что такое весовая матрица в пространственном анализе? а) таблица физических масс, б) матрица связей/весов между объектами, в) таблица значений NDVI, г) таблица кодов проекций
4. При обнаружении «горячих точек» целесообразно использовать: а) глобальный Moran's I, б) локальные индексы (LISA), в) только визуальный осмотр, г) t-test
5. MAUP (modifiable areal unit problem) связан с: а) ошибками измерения почвы, б) выбором масштаба агрегации и границ полигонов, в) незначительными вариациями в данных, г) устаревшими проекциями

Тема 6. Анализ временных рядов экологических данных

1. Чем отличается сезонность от тренда? а) сезонность — долгосрочная, б) тренд — периодическая, в) сезонность — периодическая повторяемая компонента, г) тренд — шум
2. Что показывает функция ACF? а) корреляцию по разным лагам, б) распределение значений, в) спектральную плотность, г) плотность вероятности
3. Для нерегулярных наблюдений первым шагом обычно является: а) игнорирование пропусков, б) агрегация или интерполяция к регулярной сетке, в) применение t-test, г) использование Moran's I
4. ARIMA модель включает компоненты: а) авторегрессия, интегрирование (разности), скользящее среднее, б) только тренд и сезонность, в) только регрессию, г) только экспоненциальное сглаживание
5. Какая метрика подходит для оценки краткосрочного прогноза количественной переменной? а) accuracy, б) RMSE, в) F1, г) ROC AUC

Тема 7. Анализ дистанционного зондирования и работа с растровыми данными

1. Формула NDVI: а) $(NIR - RED) / (NIR + RED)$, б) $(RED - NIR) / (RED + NIR)$, в) NIR / RED , г) RED / NIR
2. Что оказывает наибольшее влияние на выбор спутникового продукта для вегетационного анализа? а) цветовой формат файла, б) пространственное и временное разрешение, в) название файла, г) расширение .tif или .img
3. Зачем нужна облачная маска? а) улучшить контраст карты, б) исключить пиксели, искажённые облаками, в) изменить систему координат, г) уменьшить размер файла
4. Как называется операция приведения растров к другой сетке/разрешению? а) маскирование, б) ресэмплинг (resampling), в) буферизация, г) дизассемблирование
5. При агрегации растровых значений по полигонам рекомендуется: а) игнорировать проекцию, б) привести растры и полигоны к одной проекции и явно указать

агрегирующую функцию (mean/median), в) усреднять без документации, г) всегда использовать максимум

Компетенции выпускников	Вопрос	Ответ
ОПК-5.	Какой формат файла чаще всего используется для хранения растровых спутниковых данных? а) ESRI Shapefile (.shp) б) GeoTIFF (.tif) в) CSV (.csv) г) RDS (.rds)	б
ПК-2.	Какой тест предпочтителен для сравнения сред двух независимых выборок при нормальном распределении? а) t-test б) Манн-Уитни в) χ^2 г) Wilcoxon	а
ПК-1.	Какое семейство в GLM подходит для моделирования дискретных событий (количества особей)? а) Gaussian б) Poisson в) Binomial г) Gamma	б
ОПК-5.	Формула NDVI: а) $(NIR - RED) / (NIR + RED)$ б) $(RED - NIR) / (RED + NIR)$ в) NIR / RED г) RED / NIR	а
ПК-3.	Какой пакет в R обычно используют для работы с векторными пространственными данными? а) sf б) raster в) ggplot2 г) tidyr	а
УК-1.	Что из перечисленного обеспечивает воспроизводимость аналитического отчёта? а) хранение графиков только в формате PNG б) использование R Markdown и контроля версий в) сохранение данных в личных папках г) отправка результатов по электронной почте	б
ПК-2.	Какой график удобен для одновременного показа медианы, квартилей и выбросов? а) гистограмма б) boxplot в) scatterplot г) линейный график	б

Типовые контрольные задания для проведения экзамена:

1. Что такое "выборочная совокупность"?
2. Средние значения в геоэкологии и их использование для решения различных задач.
3. Условия применения одномерных статистических моделей.
4. Статистический анализ и моделирование пространственных переменных и решаемые задачи в геоэкологии.
5. Случайное событие и вероятность его появления.
6. Средневзвешенное. Способы взвешивания.
7. Сущность регрессионного анализа и его применения в геоэкологии и природопользовании.
8. Статистическая оценка параметров природных объектов и процессов.
9. Сущность и примеры использования регрессионного анализа.
10. Виды средних значений и способы их вычисления.
11. Способы изучения корреляционных зависимостей.
12. Основные геоэкологические задачи, решаемые с помощью одномерных статистических моделей.

13. Линейная и нелинейная регрессия.
14. Понятие и характеристика корреляционной зависимости применительно к природным образованиям и процессам.
15. Сущность аналитического метода корреляционного анализа.
16. Статистические гипотезы закона распределения случайной величины и параметрические критерии их проверки.
17. Методы изучения корреляционных зависимостей.
18. Функция распределения вероятностей случайной величины и её основные свойства.
19. Множественная корреляция.
20. Статистические гипотезы закона распределения случайной величины и непараметрические критерии их проверки.
21. Способы графического представления свойств случайной дискретной величины.
22. Однофакторный дисперсионный анализ.
23. Условия применения параметрических и непараметрических статистических критериев.
24. Математическое ожидание, мода, медиана.
25. Центральные моменты случайной величины.
26. Двухфакторный дисперсионный анализ.
27. Статистические методы выделения ассоциаций химических элементов.
28. Кластерный-анализ.
29. Генеральная и выборочные совокупности.
30. Факторный анализ многомерных совокупностей.
31. Последовательность подготовки набора данных для моделирования в R.
32. Понятие пространственной автокорреляции и приведите пример последствий её игнорирования.
33. Кратко описать процедуру расчёта Moran's I и интерпретацию полученного значения.
34. Как оценивать качество прогноза временного ряда — перечислите метрики и их смысл.
35. Примеры типичных источников ошибок при работе с растровыми данными и способы их минимизации.

6.4. Критерии оценивания для всех видов оценочных средств, входящих в фонд оценочных средств

Критерии и показатели оценивания результатов обучения для экзамена			
неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
Отсутствие знаний о базовых статистических понятиях и методах; не умеет выбирать методы анализа и интерпретировать результаты.	Фрагментарные представления о статистических подходах; способен выполнять простейшие проверки гипотез и интерпретировать результаты при подсказке.	Сформированные знания о методах описательной статистики, проверок гипотез и регрессионного анализа; самостоятельно строит ЛМ и делает основную диагностику модели, допускает незначительные	Безошибочные систематизированные знания статистических методов и моделей; уверенно выбирает и настраивает методы, корректно интерпретирует результаты и предлагает способы улучшения модели.

		ошибки в интерпретации.	
Отсутствие навыков работы в R: не умеет читать/преобразовывать данные, код неструктурирован.	Базовые навыки: чтение данных, простые трансформации, создание графиков по шаблону; R Markdown используется фрагментарно.	Уверенное владение tidyverse, создание функций, формирование R Markdown отчётов с базовой воспроизводимостью; код документирован, проектная структура в целом соблюдена.	Полное владение воспроизводимыми практиками: модульный код, автоматизация, фиксация версий пакетов, использование контроля версий (Git), качественная документация и добротные R Markdown отчёты.
Не умеет выявлять пропуски, выбросы и ошибки в данных; отсутствуют навыки визуальной диагностики.	Знает методы выявления пропусков и базовых выбросов; выполняет описательную статистику с подсказкой, создаёт стандартные графики.	Самостоятельно проводит тщательную предобработку, применяет трансформации, строит диагностические графики и делает осмысленные выводы о качестве данных.	Высокий уровень: проводит продвинутую качественную валидацию данных, использует автоматизированные проверки, обоснованно выбирает трансформации и комплексно документирует все шаги.
Не знает форматов пространственных данных и принципов проекций; не способен выполнить базовую операцию приведения проекций или построить карту.	Знает форматы (sf, GeoTIFF), умеет приводить слои к общей проекции и строить простые карты; выполняет базовые пространственные операции с подсказкой.	Уверенно выполняет пространственные объединения, агрегирование по полигонам, рассчитывает показатели автокорреляции (например, Moran's I) и оформляет карту с легендой и метаданными.	Профессионально владеет пространственным анализом: учитывает MAUP и проекционные нюансы, оптимизирует обработку больших растров, производит корректную интерпретацию пространственных выводов.
Не знаком с базовыми методами работы с временными рядами и растровыми индексами; отчёты	Имеет представление о декомпозиции ряда, строит ACF/PACF, умеет вычислять простые	Самостоятельно выполняет декомпозицию, строит простые прогнозные	Отлично владеет методами временных рядов и дистанционного зондирования,

неструктурированы или отсутствуют.	индексы (NDVI) и готовить отчёт по образцу.	модели (ARIMA/SARIMA), корректно рассчитывает индексы по растрам и оформляет воспроизводимый R Markdown отчёт с интерпретацией.	применяет продвинутые подходы к предсказанию и обработке растров (маски облачности, временная интеграция), выдаёт безошибочные и полно документированные отчёты с практическими рекомендациями.
------------------------------------	---	---	---

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Основная литература:

1. Борусяк, А.Г. Введение в R. Анализ данных в экологии / А.Г. Борусяк. – М.: МАКС Пресс, 2021. – 152 с.
2. Шипунов, А.Б. Наглядная статистика. Используем R! / А.Б. Шипунов, Е.М. Балдин, П.А. Волкова. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 298 с.
3. Мاستицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мастицкий, В.Н. Шитиков. – М.: ДМК Пресс, 2020. – 496 с.
4. Злобин, А.А. Геоинформационные системы и пространственный анализ данных в науках о Земле / А.А. Злобин. – М.: КДУ, 2021. – 416 с.
5. Капралов, Е.Г. Геоинформатика. В 2 кн. Кн. 1: Основы геоинформатики / Е.Г. Капралов, А.В. Кошкарёв, В.С. Тикунов. – 4-е изд. – М.: Академия, 2020. – 400 с.

7.2 Дополнительная литература:

1. Боркард, Д. Численная экология в R / Д. Боркард, Ф. Жийе, П. Лежандр. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 306 с.
2. Wickham, H. R for Data Science / H. Wickham, G. Grolemund. – O'Reilly Media, 2022. – 520 p.
3. Кабаков, Р. R в действии. Анализ и визуализация данных на языке R / Р. Кабаков. – 2-е изд. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 588 с.
4. Петров, А.А. Математические методы в экологии / А.А. Петров, И.Г. Посохов, А.И. Архипов. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2016. – 412 с.
5. Розенберг, Г.С. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии / Г.С. Розенберг, Д.П. Мозговой, Д.Б. Гелашвили. – Самара: СНЦ РАН, 2015. – 396 с.
6. Пузаченко, Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях / Ю.Г. Пузаченко. – М.: Академия, 2004. – 416 с.
7. Христофорова, Н.К. Основы экологии / Н.К. Христофорова. – 4-е изд. – М.: Магистр, 2013. – 639 с.
8. Ивашкин, Е.Г. Статистические методы в почвоведении и экологии / Е.Г. Ивашкин, Д.Л. Пинский. – М.: ГЕОС, 2005. – 238 с.

7.3 Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. R (версия 4.3 или выше)
2. RStudio Desktop

3. Пакеты R для экологии:

- vegan (анализ сообществ)
- sf (пространственные данные)
- raster (растровые данные)
- dplyr (обработка данных)
- ggplot2 (визуализация)
- lubridate (работа с датами)
- caret (машинное обучение)
- forecast (временные ряды)

4. The R Project - <https://www.r-project.org/>

5. RStudio - <https://www.rstudio.com/>

6. CRAN Task View: Environmetrics - <https://cran.r-project.org/view=Environmetrics>

7. R for Data Science - <https://r4ds.had.co.nz/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения учебных занятий используются:

- аудитории для проведения лекционных, семинарских занятий и аудиторий для самостоятельной работы;
- Мультимедийное оборудование: 1 проектор SANYO, 1 экран, 1 ноутбук Toshiba, микрофон;
- Программное обеспечение: OpenOffice, Adobe Acrobat Reader, Winrar 5.7
- электронный каталог и библиотечный фонд филиала.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартам по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользования.

Разработчики:

Сафронов С.Г., к.г.н., доцент кафедры экономической и социальной географии России
Географического факультета МГУ

**Рабочая программа одобрена на заседании кафедры экологии и природопользования
Казахстанского филиала МГУ**

Протокол № 8 от 19 мая 2024 г.

Заведующий кафедрой
экологии и природопользования
Казахстанского филиала МГУ,
д.г.н, профессор



Битюкова В.Р.