

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Статистические модели в экологии

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

05.03.06 - Экология и природопользование

---

Направленность образовательной программы

Информационные технологии в экологии

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.03 Статистические модели в экологии относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-1-ит: Способен проводить анализ конкретной предметной (проблемной) области, определять цели создания информационной системы (ИС), разрабатывать техническое задание, эскизный и технический проекты ИС	ПК-1-ит.1: Демонстрирует знания о базовых принципах организации и основных этапах проектирования ИС ПК-1-ит.2: Применяет системный подход к анализу предметной (проблемной) области, выявлению требований к ИС ПК-1-ит.3: Имеет практический опыт анализа конкретной предметной области, разработки технического задания, эскизного и технического проектов ИС	ПК-1-ит.1: Знает базовые принципы разработки ИС для реализации статистических моделей в экологии.  ПК-1-ит.2: Умеет определять требования к разработке ИС для реализации статистических моделей в экологии.  ПК-1-ит.3: Владеет навыками разработки ИС для реализации статистических моделей в экологии.	Тест	Экзамен: Тест
ПК-2-ит: Способен осуществлять проектирование программного обеспечения ИС и разрабатывать техническую документацию на его компоненты	ПК-2-ит.1: Демонстрирует знание современных языков и систем программирования, технологий проектирования программного обеспечения ПК-2-ит.2: Демонстрирует умение сформулировать требования к разрабатываемому программному обеспечению, выполнить его реализацию и оформить техническую документацию на его компоненты ПК-2-ит.3: Имеет практический опыт	ПК-2-ит.1: Знает основные пакеты языка программирования R, реализующие статистические модели.  ПК-2-ит.2: Умеет разрабатывать алгоритмы для применения статистических моделей на языке программирования R.  ПК-2-ит.3: Владеет навыками реализации статистических моделей на	Расчетно-графическое задание	Экзамен: Расчетно-графическое задание

	проектирования программного обеспечения конкретной ИС и разработки технической документации на ее компоненты	языке программирования R в среде разработки RStudio.		
ПК-21-э: Владеет методами геохимических и геофизических исследований, общего и геоэкологического картографирования, методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации	<p>ПК-21-э.1: Знает: - геохимических и геофизических исследований, общего и геоэкологического картографирования</p> <p>ПК-21-э.2: Умеет: - использовать методы анализа и синтеза полевой и лабораторной геоэкологической информации</p> <p>ПК-21-э.3: Владеет: - методами обработки, анализа и синтеза полевой и лабораторной экологической информации</p>	<p>ПК-21-э.1: Знает принципы применения статистических моделей для описания данных экологических исследований и мониторинга</p> <p>ПК-21-э.2: Умеет применять статистические модели для анализа и визуализации данных экологических исследований и мониторинга</p> <p>ПК-21-э.3: Владеет компьютерными средствами для разработки и реализации статистических моделей в экологии</p>	Тест	Экзамен: Тест

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>3</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>108</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	12
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	24
- КСР	2
<b>самостоятельная работа</b>	<b>34</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b>
	<b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего	в том числе
--	-------	-------------

	(часы)	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1. Основы дисперсионного анализа	12	2	4	6	6
Тема 2. Регрессионный анализ	12	2	4	6	6
Тема 3. Многофакторный анализ	12	2	4	6	6
Тема 4. Обобщенные линейные модели	12	2	4	6	6
Тема 5. Обобщенные аддитивные модели	12	2	4	6	6
Тема 6. Бутстреп и рандомизация	10	2	4	6	4
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	108	12	24	38	34

### Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1. Основы дисперсионного анализа

Тема 2. Регрессионный анализ

Тема 3. Многофакторный анализ

Тема 4. Обобщенные линейные модели

Тема 5. Обобщенные аддитивные модели

Тема 6. Бутстреп и рандомизация

#### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "-".

#### 5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

**5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-1-ит:**

#### **компетенции ПК-1-ит**

1. Для создания модели дисперсионного анализа служит функция:

- а) `t.test()`;                                      б) `anova()`;
- в) `oneway.test()`;                                      г) `lm()`.

2. Какая из функций реализует параметрический вариант анализа?

- а) `friedman.test()`;                                      б) `pairwise.t.test()`;
- в) `kruskal.test()`;                                      г) `pairwise.wilcox.test()`.

3. Какой аргумент функции `pairwise.t.test()` предназначен для указания того, что анализируются связанные выборки?

- а) `paired`;                                      б) `pool.sd`;
- в) `p.adjust.method`;      г) `correct`.

4. Для чего предназначен аргумент `pool.sd` функции `pairwise.wilcox.test()`?

- а) задает поправку на множественные сравнения;
- б) определяет необходимость использования единой оценки дисперсии;
- в) для определения связанных либо несвязанных выборок;
- г) у функции `pairwise.wilcox.test()` нет такого аргумента.

5. В каком пакете реализована методология множественных сравнений с учетом зависимости данных?

- а) `nortest`;                      б) `pgirmess`;                      в) `car`;                      г) `multcomp`.

### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-21-э:**

. Кто разработал метод дисперсионного анализа?

- а) Питер Стьюдент;
- б) Уильям Госсет;
- в) Рональд Фишер;
- г) Карл Пирсон.

2. Дисперсионный анализ основан на:

- а) отношении среднего к дисперсии;
- б) произведении чисел степеней свободы;
- в) отношении дисперсии к среднему;
- г) отношении средних квадратов.

3. При сравнении 4 групп по 10 наблюдений числа степеней свободы в дисперсионном анализе составят:

- а) 3 и 9;
- б) 4 и 18;
- в) 5 и 18;
- г) 3 и 36.

4. Чем больше F-отношение в дисперсионном анализе:

- а) тем больше число степеней свободы;
- б) тем выше гомогенность дисперсии;
- в) тем вероятнее наличие отличий между средними;
- г) тем больше внутригрупповая дисперсия.

5. В стандартной таблице дисперсионного анализа не указывается:

- а) источник изменчивости;
- б) средние квадраты;
- в) F-отношение;
- г) объем выборки.

**Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	90–100% правильных ответов
отлично	80–90% правильных ответов
очень хорошо	70–80% правильных ответов
хорошо	60–70% правильных ответов
удовлетворительно	50–60% правильных ответов

Оценка	Критерии оценивания
неудовлетворительно	25–50% правильных ответов
плохо	менее 25% правильных ответов

### 5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2-ит:

На 5 пробных площадях с разным типом почвы (А-Е) выращивали растения. В конце эксперимента измерили высоту всех выращенных растений. Полученные данные приведены в файле data.xlsx.

1. Загрузите данные в R любым способом (при использовании вспомогательных файлов, приложите их к решению). Данные необходимо сформировать в виде фрейма из двух переменных - высота растений (количественная переменная), тип почвы (группирующая текстовая переменная либо фактор). Имена фрейма и переменных должны быть осмысленными.
2. Рассчитайте средние значения, стандартные отклонения и доверительные интервалы для средней высоты растений на площадках с разным типом почвы.
3. Постройте параллельные диаграммы размахов высоты растений для разных типов почвы. Отдельные диаграммы должны быть залиты, причем диаграмма для почвы с максимальной средней высотой растений должна быть красной, а для почвы с минимальной средней высотой - желтой.
4. Сформируйте модель дисперсионного анализа зависимости высоты растений от типа почвы.
5. Проанализируйте характер распределения остатков. Постройте гистограмму их распределения, примените три критерия согласия. В комментарии приведите р-значения и сделайте итоговый вывод.
6. Проведите анализ гомогенности дисперсии высоты растений на площадках с разным типом почвы. В комментарии приведите название процедуры, р-значение и сделайте вывод.
7. Выберите наиболее подходящую процедуру для анализа зависимости высоты растений от типа почвы. Проведите анализ. В комментарии приведите название процедуры, р-значение и сделайте вывод.
8. В случае выявления значимых отличий между высотой растений, выращенных на почве разного типа, проведите попарные сравнения для выявления конкретных типов почвы, отличия между которыми статистически значимы. Используйте процедуру с применением поправки Холма. В комментарии укажите пары типов почвы, отличия между которыми статистически значимы.
9. Проведите попарные сравнения с применением пошаговой процедуры Вестфолла. В комментарии укажите, для каких дополнительных пар типов почвы выявлены статистически значимые отличия по сравнению с процедурой на основе поправки Холма.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	90–100% правильно выполненных задач
отлично	80–90% правильно выполненных задач
очень хорошо	70–80% правильно выполненных задач
хорошо	60–70% правильно выполненных задач
удовлетворительно	50–60% правильно выполненных задач
неудовлетворительно	25–50% правильно выполненных задач
плохо	менее 25% правильно выполненных задач

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов



2. Доверительный интервал для прогнозируемых данных рассчитывается с помощью функции:

- а) `confint()`;
- б) `ci()`;
- в) `predict()`;
- г) нет верного ответа.

3. Для создания модели двухфакторного дисперсионного анализа применяется функция:

- а) `two.way.test()`;
- б) `anova()`;
- в) `glht()`;
- г) `lm()`.

4. Какой вид анализа специфицирует формула  $\text{response} \sim A + B + A:B$  (где A и B – факторы):

- а) двухфакторный дисперсионный анализ с взаимодействием;
- б) двухфакторный дисперсионный анализ без взаимодействия;
- в) трехфакторный дисперсионный анализ;
- г) анализ ковариации.

5. В каком стиле будут отображены доверительные интервалы на графике взаимодействия при использовании аргумента `ci.style = "bars"`?

- а) будут отсутствовать;
- б) усиками;
- в) линиями;
- г) закрашенными областями.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-21-э**

1. При сравнении 5 групп по 20 наблюдений числа степеней свободы в дисперсионном анализе составят:

- а) 5 и 50;
- б) 4 и 95;
- в) 6 и 50;
- г) 4 и 19.

2. Непараметрический аналог дисперсионного анализа:

- а) критерий Крускала-Уоллиса;
- б) критерий Манна-Уитни;
- в) критерий Уилкоксона;
- г) критерий Фридмана.

3. Сколько необходимо попарных сравнений при работе с 5 выборками?

- а) 4;            б) 25;            в) 5;            г) 10.

4. Регрессионная модель включает:

- а) коэффициент пересечения;  
б) коэффициент отклонения;  
в) оценку дисперсии;  
г) все перечисленное.

5. Интерпретация коэффициента наклона:

- а) изменение переменной отклика при изменении предиктора на единицу;  
б) изменение предиктора при изменении переменной отклика на единицу;  
в) значение переменной отклика при нулевом значении предиктора;  
г) значение предиктора при нулевом значении переменной отклика.

**Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	90–100% правильных ответов
отлично	80–90% правильных ответов
очень хорошо	70–80% правильных ответов
хорошо	60–70% правильных ответов
удовлетворительно	50–60% правильных ответов
неудовлетворительно	25–50% правильных ответов
плохо	менее 25% правильных ответов

**5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание) для оценки сформированности компетенции ПК-2-ит**

-

**Критерии оценивания (оценочное средство - Расчетно-графическое задание)**

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	90–100% правильно выполненных задач
отлично	80–90% правильно выполненных задач
очень хорошо	70–80% правильно выполненных задач
хорошо	60–70% правильно выполненных задач
удовлетворительно	50–60% правильно выполненных задач
неудовлетворительно	25–50% правильно выполненных задач
плохо	менее 25% правильно выполненных задач

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Анализ данных : учебник / В. С. Мхитарян [и др.] ; под редакцией В. С. Мхитаряна. - Москва : Юрайт, 2023. - 490 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-00616-2. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=847079&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Гателюк О. В. Практикум по теории вероятностей и математической статистике : Учебное пособие для вузов / Гателюк О. В., Манюкова Н. В.; Манюкова Н. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 132 с. - Книга из коллекции Лань - Математика. - ISBN 978-5-8114-9842-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=804174&idb=0>.
2. Прохоров Ю. В. Лекции по теории вероятностей и математической статистике : учебник и практикум / Ю. В. Прохоров, Л. С. Пономаренко. - 3-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 219 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/489084> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-10807-1 : 919.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=819846&idb=0>.
3. Горленко О. А. Дисперсионный анализ экспериментальных данных : учебное пособие / О. А. Горленко, Н. М. Борбаць, Т. П. Можаяева. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 132 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/495700> (дата обращения: 14.08.2022). - ISBN 978-5-534-14677-6 : 429.00. - Текст : электронный // ЭБС "Юрайт"., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=818622&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. <http://www.r-project.org/> – R Project: The R Project for Statistical Computing – язык программирования и среда разработки для статистических вычислений.

2. <http://cran.r-project.org/> – CRAN: The Comprehensive R Archive – архив пакетов для расширения языка программирования R.
3. <http://www.rstudio.com/> – R Studio – среда разработки для языка программирования R.
4. <http://www.statsoft.ru/home/textbook/> – электронный учебник по статистике и планированию эксперимента.
5. <http://r-analytics.blogspot.ru/> – R: Анализ и визуализация данных.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 05.03.06 - Экология и природопользование.

Автор(ы): Якимов Василий Николаевич, доктор биологических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Якимов Василий Николаевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023, протокол № 2.