

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Институт биологии, экологии, почвоведения, сельского и лесного хозяйства (Биологический институт)

УТВЕРЖДЕНО:

Директор
Д. С. Воробьев

Рабочая программа дисциплины

Математические методы в биологии

по направлению подготовки

06.03.01 Биология

Направленность (профиль) подготовки:

Биология

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП
В.В. Ярцев

Председатель УМК
А.Л. Борисенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-6 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы физики, химии, наук о Земле и биологии, применять методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований, приобретать новые математические и естественнонаучные знания, используя современные образовательные и информационные технологии.

ПК-1 Способен участвовать в исследовании биологических систем и их компонентов, планировать этапы научного исследования, проводить исследования по разработанным программам и методикам, оптимизировать методики под конкретные задачи.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-6.2 Применяет методы математического анализа и моделирования, теоретических и экспериментальных исследований

ИПК-1.2 Проводит анализ и теоретическое обобщение научных данных, результатов экспериментов и наблюдений в соответствии с задачами исследования

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить математический анализ, приемы поиска информации, обработки данных в базовых компьютерных программах.

– Научиться применять понятийный аппарат математического анализа выбирать методы обработки данных для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Четвертый семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Математика и Информатика.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 28 ч.

-лабораторные: 54 ч.

-семинар: 6 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Первичная обработка данных и элементарные статистики.

Предмет и основные понятия биометрии. Развитие математических методов в биологии; их роль и место в биологических исследованиях. Понятие о признаке.

Признаки и их свойства. Понятие о совокупности, Генеральная и выборочная совокупность. Формы учета результатов наблюдений. Качественная и количественная изменчивость признаков. Классификация признаков. Способы группировки первичных данных. Техника построения вариационных рядов. Графические выражения сгруппированных данных.

Тема 2. Основные характеристики выборочных совокупностей.

Общие вопросы анализа полевых и экспериментальных данных. Описательные статистики: классификация и выполняемые функции. Структурные средние – медиана, мода и другие. Степенные средние – средняя гармоническая, средняя квадратическая, средняя кубическая, средняя геометрическая, средняя взвешенная, средняя арифметическая. Свойства средней арифметической. Прямые и не прямые способы нахождения структурных и степенных средних.

Показатели изменчивости вариационного ряда. Лимиты и размах вариации. Дисперсия и ее свойства. Среднее квадратическое отклонение. Коэффициент вариации, сферы и особенности его применения. Прямые и не прямые способы нахождения показателей изменчивости вариационного ряда. Нахождение основных статистик с помощью ППП,

Тема 3. Основы теории вероятности и математическая статистика.

Законы распределения в вариационном ряду. Основные понятия теории вероятности. Априорные, апостериорные и статистические вероятности. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Закон больших чисел. Характерные черты и особенности варьирования биологических признаков. Биномиальное, гипергеометрическое и пуассоновское распределения. Параметры дискретных распределений. Понятие о нормальном распределении. Меры формы – показатели асимметрии и эксцесса. Способы нахождения. Применения коэффициентов асимметрии и эксцесса для проверки на соответствие Закону нормального распределения. Трансгрессия признаков: ее биологический смысл и способы нахождения.

Тема 4. Статистическое оценивание.

Выборочный метод и оценка генеральных параметров. Понятие о выборочной и генеральной совокупностях. Теоретические распределения, используемые в статистических выводах. Нормированное отклонение. Правило 3-х сигм. Статистическая ошибка. Точечные оценки и показатели точности.

Определение необходимого объема выборок для репрезентативных суждений. Понятие о доверительных вероятностях и уровнях значимости. Понятие о доверительном интервале генерального параметра.

Тема 5. Статистические гипотезы и их проверка.

Необходимости оценки разности между выборочными совокупностями. Понятие о нулевой гипотезе. Параметрические критерии сравнения, основные условия и сферы применения. t - критерий Стьюдента (различные модификации), F - критерий Фишера и другие. Непараметрические критерии сравнения. X - критерий Ван-дер-Вардена. Критерий Сиджела-Тьюки. Критерий Уилкоксона. d - критерий Колмогорова-Смирнова. Критерий знаков. Графические способы выражения оценки разности выборочных совокупностей.

Тема 6. Критерий χ^2 - квадрат (χ^2).

Использование критерия согласия при анализе экспериментальных данных. Сферы применения критерия – χ^2 . Использование критерия для оценки достоверности разности выборочных совокупностей.

Тема 7. Корреляционный анализ.

Понятие о функциональной и корреляционной связи признаков. Коэффициент корреляции и его интерпретация. Способы нахождения корреляционной зависимости. Прямые и косвенные способы нахождения коэффициента корреляции, в том числе в малых выборках. Корреляционная решетка. Доверительный интервал и оценка коэффициента корреляции. Непараметрические показатели связи. Коэффициент корреляции Спирмена. Корреляционная зависимость между качественными признаками. Тетрахорический и полихорический показатели связи. Множественная и частная корреляция. Нахождение коэффициента корреляции в ППП.

Тема 8. Регрессионный анализ.

Понятие о регрессии. Определение параметров прямолинейной регрессии. Построение и способы выравнивания эмпирической линии регрессии. Коэффициент регрессии. Уравнение и теоретическая линия регрессии при прямолинейной зависимости. Виды линейных связей и уравнения регрессии. Доверительный интервал уравнения регрессии. Оценка достоверности разности при сравнении уравнений регрессии (уравнения прямолинейной зависимости). Метод наименьших квадратов. Множественная линейная регрессия.

Тема 9. Дисперсионный анализ.

Основные понятия и символы. Анализ однофакторных комплексов. Оценка силы влияния факторов.

Тема 10. Использование ПЭВМ в практике биологических исследований.

Программный и пакетный подходы к обработке качественных и количественных данных – достоинства и недостатки. Использование программируемых калькуляторов и IBM совместимых ПЭВМ для решения статистических задач в биологических исследованиях. Предварительное знакомство с наиболее популярными пакетами прикладных программ (типа: *Excel*, *Statistica*, *R*). Статистические возможности ППП *Excel*.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет в четвертом семестре проводится в устной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и задачу. Продолжительность зачета 1 час.

Каждый билет содержит 2 теоретических вопросов, ответ на которые отражает освоение студентом индикаторов ИОПК-6.2. ИПК-1.2.

1. Биометрия как наука. Методы биометрии.
2. Значение математических методов в биологии. Понятие о выборочной и генеральной совокупностях.
3. Совокупность. Признак. Группировка данных при количественной и качественной вариации.
4. Структурные и степенные средние.
5. Свойства средней арифметической. Средняя взвешенная.
6. Понятие о репрезентативной выборке.

7. Показатели изменчивости вариационного ряда.
 8. Дисперсия, свойства дисперсии. Стандартное отклонение. Правило 3-х σ .
 9. Понятие о средней арифметической, средней взвешенной, моде и медиане.
 10. Основные статистические показатели вариационного ряда.
 11. Меры формы – показатели асимметрии и эксцесса.
 12. Доверительные вероятности и уровни значимости. Нормированное отклонение
- (t).
13. Доверительный интервал средней генеральной совокупности. Графические методы сравнения средних арифметических.
 14. Понятие нулевой и альтернативной гипотезы. Ошибки 1-го и 2-го рода.
 15. Вероятность и ее оценка. Теоремы сложения и умножения вероятностей.
 16. Распределение Пуассона. Его отличия от биномиального распределения.
 17. Биномиальное распределение. Его отличия от распределения Пуассона.
 18. Нормальное распределение.
 19. Параметрические и непараметрические критерии сравнения (классификация, область применения).
 20. Параметрические критерии оценки значимости различий двух выборок. t-критерий Стьюдента. F-критерий Фишера.
 21. Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA).
 22. Области использования критерия согласия (хи-квадрат) при анализе экспериментальных данных в биологии.
 23. Применения критерия хи-квадрат при анализе сопряженности качественных признаков.
 24. Применение критерия хи-квадрат при анализе соответствия выборочной совокупности биномиальному типу распределения.
 25. Применение критерия хи-квадрат при анализе соответствия выборочной совокупности нормальному типу распределения.
 26. Применение критерия хи-квадрат при оценке значимости различия двух выборочных совокупностей.
 27. Критерий соответствия хи-квадрат. Вычисление теоретически ожидаемых частот и определение хи-квадрат при анализе расщепления по фенотипам.
 28. Критерий Колмогорова (соответствие нормальному распределению).
 29. Оценка значимости различия выборочных совокупностей с помощью критерия Колмогорова-Смирнова.
 30. Непараметрические критерии для сравнения независимых выборок (Манна-Уитни и Ван-дер-Вардена).
 31. Непараметрические критерии для зависимых выборок (критерий Знаков и критерий Вилкоксона).
 32. Критерии Фишера и Сиджела-Тьюкки, условия применения.
 33. Какие вы знаете методы оценки выборочной совокупности на соответствие Закону нормального распределения.
 34. Понятие о функциональной, статистической и корреляционной связи между признаками. Коэффициент корреляции, коэффициент детерминации. Прямые и косвенные способы нахождения коэффициента корреляции.
 35. Коэффициент корреляции Спирмена.
 36. Корреляционные связи при качественной вариации (тетрахорический и полихорический показатели).
 37. Регрессионный анализ. Задачи регрессионного анализа. Вычисление линейной регрессионной зависимости.
 38. Эмпирические и теоретические линии регрессии. Способы их выравнивания эмпирических линий регрессии. Доверительный интервал уравнения регрессии.
 39. Множественная линейная регрессия.

Примеры задач:

Задача 1.

Составить ряды распределения и начертить полигон частот и эмпирическую функцию распределения для следующих данных.

Дано количество хромосомных мостов в поле зрения:

17 18 19 17 20 21 20 22 19 18 21 22 18 20 17 21 19 20 22 19 20 18
21 19 20 17 21 19 17 19 20 22 20 17 21 22 22 19 17 18 22 19 20 17
18 19 20 17 21 20 22 19 18 21 22 18 20 17 21 19 20 22 19 20 18 21
19 20 17 21 19 17 20 22 22 20 17 21 22 19 17 18 22 19 20 17 18 19
17 20 21 20 22 19 18 21 22 18 21 18 21 22 19 20 17 21 18 20 19 22
20 18 19 20 21 19 20 17 21 19 17 20 22 22 20 17 21 22 19 17 18 22

Требуется: ...

1. Составить вариационный ряд (определить тип группировки).
2. Построить гистограмму или полигон частот.
3. Построить кумуляту.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено».

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено»:

«зачтено» ставится, если обучающийся даёт полный и правильный ответ, отвечает связно, последовательно, самостоятельно делает выводы, либо если в ответе допущены 1–2 неточности, которые учащийся легко исправляет сам или с небольшой помощью преподавателя.

«не зачтено» ставится, если обучающийся в целом обнаруживает понимание излагаемого материала, но отвечает неполно, по наводящим вопросам преподавателя, затрудняется самостоятельно делать выводы, допускает ошибки, которые исправляет с помощью преподавателя, либо если обучающийся обнаруживает незнание большей части материала, не может самостоятельно сделать выводы, речь прерывиста и непоследовательна, допускаются грубые ошибки, которые не исправляются даже с помощью преподавателя.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

- а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «iDO» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=17061>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата : [для студентов вузов] / В.Е. Гмурман – Москва : Юрайт, 2016. – 479 с.
 - Дубровская Л.И. Компьютерная обработка естественно-научных данных методами многомерной прикладной статистики: Учебное пособие. / Л.И. Дубровская, Г.Б. Князев – Томск: ТМЛ-Пресс, 2011 – 120 с.

- Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика в 2 ч. Часть 1. Теория вероятностей : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ш. Кремер. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 264 с.
- Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей и математическая статистика в 2 ч. Часть 2. Математическая статистика : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ш. Кремер. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 254.
- б) дополнительная литература:
 - Балдин К.В. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник : [для студентов экономических вузов, обучающихся по направлению подготовки "Экономика" и экономическим специальностям] /К.В. Балдин, В.Н. Башлыков, А.В. Рукосуев – Москва : Дашков и К°, 2014. – 472 с.
 - Kordon A. Applied Statistics Using SPSS, STATISTICA, MATLAB and R. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, [Electronic resource]. – 2007 – URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-71972-4>. Дата обращения: 29.09.2016.
 - Джермен М. Количественная биология в задачах и примерах /М. Джермен ; перевод с англ. А. Д. Базыкина. – Москва : URSS , 2005. – 151 с.
- в) ресурсы сети Интернет:
 - Nature: Statistics for biologists [Электронный ресурс] / Электрон. дан. – Macmillan Publishers Limited, part of Springer Nature. All rights reserved.partner of AGORA, HINARI, – OARE, INASP, ORCID, CrossRef and COUNTER, 2016. – URL: <http://www.nature.com/collections/qghhqm/content/statistics-in-biology>.
 - Карпов А. Основы статистики [Электронный ресурс] / Институт биоинформатики. – Электрон. дан. – Спб. : Bioinformatics Institute, 2016. – URL: <https://stepik.org/course/Основы-статистики-76>.
 - Карпов А., Иванчей И., Дроздова П. Основы статистики. Часть 2 [Электронный ресурс] / Институт биоинформатики. – Электрон. дан. – Спб. : Bioinformatics Institute, 2016. – URL: <https://stepik.org/course/Основы-статистики-Часть-2-524>.
 - Карпов А., Иванчей И., Дроздова П., Москвичев А. Основы статистики. Часть 2 [Электронный ресурс] / Институт биоинформатики. – Электрон. дан. – Спб. : Bioinformatics Institute, 2017. – URL: <https://stepik.org/course/Основы-статистики-Часть-3-2152>.

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
 - Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
 - публично доступные облачные технологии (Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки	ТГУ	–
http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system		
– Электронная библиотека (репозиторий)	ТГУ	–
http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index		
– ЭБС Лань – http://e.lanbook.com/		
– ЭБС Консультант студента – http://www.studentlibrary.ru/		

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, лабораторных занятий, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

15. Информация о разработчиках

Бабкина Ирина Борисовна, канд. биол. наук, кафедра ихтиологии и гидробиологии Биологического института, доцент