

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

*Учебник Воронежского
государственного университета*

Е. А. Калаева, В. Г. Артюхов, В. Н. Калаев

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ
ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ
В БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ
И ОБРАЗОВАНИИ**

Учебник

*Рекомендовано Учебно-методическим советом по биологии
Федерального Учебно-методического объединения
в системе высшего образования по укрупненной группе
специальностей и направлений подготовки 06.00.00
«Биологические науки» в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по направлению
06.03.01 «Биология» и смежным направлениям*

Воронеж
Издательский дом ВГУ
2016

УДК 57.087.1

ББК 22.172

К17

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания вузам в сфере научной деятельности на 2014–2016 годы, проект № 1035

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, профессор Г. Ю. Ризниченко
(Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова);

доктор физико-математических наук, профессор В. А. Костин
(Воронежский государственный университет)

Калаева Е. А.

К17 Теоретические основы и практическое применение математической статистики в биологических исследованиях и образовании : учебник / Е. А. Калаева, В. Г. Артюхов, В. Н. Калаев ; Воронежский государственный университет. – Воронеж : Издательский дом ВГУ. – 2016. – 284 с.

ISBN 978-5-9273-2241-1

В учебнике кратко и доступно изложено содержание основных разделов математической статистики (классификация признаков, основные характеристики варьирующих объектов, законы распределения, выборочный метод и оценка генеральных параметров, статистические гипотезы и их проверка, корреляционный, дисперсионный, регрессионный анализ, многомерные методы). Рассмотрены примеры использования приемов статистической обработки результатов с привлечением собственных экспериментальных данных авторов, предложены задания для самостоятельной работы.

Для студентов, магистров, аспирантов биологических факультетов, а также может быть использован при обучении студентов, магистров и аспирантов медицинских, фармацевтических, сельскохозяйственных специальностей.

УДК 57.087.1

ББК 22.172

ISBN 978-5-9273-2241-1

© Калаева Е. А., Артюхов В. Г.,
Калаев В. Н., 2016

© Оформление, оригинал-макет.
Издательский дом ВГУ, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	6
Глава 1. Введение в математическую статистику.....	7
1.1. Предмет, цели и задачи математической статистики. Биометрия	11
1.2. Последствия незнания.....	14
1.3. Краткий обзор средств статистической обработки результатов научного исследования	15
1.4. История развития биометрии	19
1.5. Этапы анализа данных	31
Глава 2. Основы теории вероятностей	37
2.1. Основные термины и понятия теории вероятностей	39
2.2. Теоремы элементарной теории вероятностей	40
2.2.1. Теорема сложения вероятностей	40
2.2.2. Теорема умножения вероятностей	41
2.2.3. Условные вероятности	43
2.2.4. Формула полной вероятности	43
2.2.5. Теорема гипотез и Байесовские подходы	46
2.2.6. Формулы комбинаторики	52
Лабораторная работа № 1. Решение задач по теме «Основные теоремы теории вероятностей»	54
Глава 3. Признак. Классификация признаков	65
3.1. Точность измерений и причины возникновения ошибок в ходе биологического эксперимента и наблюдения. Случайная и систематическая ошибка	67
3.2. Вариационный ряд	68
Глава 4. Основные характеристики варьирующих объектов	74
4.1. Параметры совокупности, характеризующие центральную тенденцию ряда. Средние величины.....	74
4.2. Параметры совокупности, характеризующие варьирование признака.....	80

4.2.1. Форма представления результатов исследования ...	85
Лабораторная работа № 2. Описательная статистика	87
Глава 5. Законы распределения	91
5.1. Непрерывные распределения	91
5.1.1. Нормальное распределение	92
5.1.2. Асимметрия и эксцесс	96
5.2. Дискретные распределения	99
5.2.1. Биномиальное распределение	100
5.2.2. Распределение Пуассона	103
Лабораторная работа № 3. Построение вариационного ряда и анализ эмпирических распределений	104
Глава 6. Выборочный метод и оценка генеральных параметров	109
6.1. Статистическая совокупность. Генеральная и выборочная совокупности	109
6.2. Выборочная оценка генеральных параметров	112
6.2.1. Точечные оценки генеральных параметров	112
6.2.2. Интервальные оценки генеральных параметров. Доверительный интервал	114
Глава 7. Статистические гипотезы и их проверка	117
7.1. Понятие статистической гипотезы	117
7.2. Ошибки I и II рода	119
7.3. Критерий значимости. Уровень значимости. Критическая область	123
7.4. Критерии достоверности оценок	126
7.4.1. Параметрические критерии	127
7.4.2. Непараметрические критерии	131
7.5. Проверка гипотез о законах распределения	134
Лабораторная работа № 4. Сравнение двух выборок	136
Глава 8. Корреляционный анализ	148
8.1. Параметрические показатели связи	150
8.2. Непараметрические показатели связи	154
8.2.1. Коэффициент корреляции рангов Спирмена	154
8.2.2. Коэффициент конкордации Кендалла	155
8.3. Анализ таблиц сопряженности	156
Лабораторная работа № 5. Выявление корреляционных связей	162

Глава 9. Дисперсионный анализ факторных эффектов	173
9.1. Модели факторного эксперимента	179
9.2. Параметрический дисперсионный анализ	180
9.2.1. Однофакторный дисперсионный анализ	180
9.2.2. Двухфакторный дисперсионный анализ	183
9.2.3. Многофакторный дисперсионный анализ	183
9.2.4. Ковариационный анализ	184
9.3. Непараметрический дисперсионный анализ	184
9.3.1. Непараметрический однофакторный дисперсионный анализ.....	184
9.3.2. Непараметрический двухфакторный дисперсионный анализ.....	184
Лабораторная работа № 6. Дисперсионный анализ факторных эффектов	185
Глава 10. Регрессионный анализ. Коэффициент регрессии	193
10.1. Виды регрессионных моделей	195
10.2. Линейная регрессия.....	200
10.3. Множественная корреляция и регрессия.....	202
10.3.1. Мультиколлинеарность.....	203
10.3.2. Основные результаты множественной регрессии	204
Лабораторная работа № 7. Построение регрессионной модели.....	213
Глава 11. Многомерные методы статистического анализа.....	220
11.1. Факторный анализ.....	221
11.2. Методы классификации многомерных наблюдений.....	226
11.2.1. Кластерный анализ	227
11.2.2. Дискриминантный анализ.....	229
Лабораторная работа № 8. Многомерные методы статистического анализа	232
Заключение	258
Словарь основных терминов и понятий.....	265
Библиографический список	282