

Трудных наук нет, есть только трудные изложения.

А.И. Герцен

Лучшей гарантией успеха в более глубоком изучении окружающей действительности является овладение статистическим образом мышления.

Грегори А. Кимбл

ВВЕДЕНИЕ

Цель любой науки заключается в *познании* некоторых общих закономерностей, позволяющих предвидеть ход событий и выбирать рациональные пути поведения в типичных ситуациях. Способ познания - есть *метод* научного исследования. Совокупность методов формируют *методику* исследования. Совокупность методов, применяемых в какой-либо науке, составляет *методологию* данной науки. В общем понимании, методология – это учение о научном методе познания.

Знание методов научных исследований, применяемых в животноводстве, необходимо не только будущему ученому, но и специалисту (руководителю) производства.

Во-первых, специалист для обеспечения эффективности своего производства должен постоянно искать элементы нового в решении даже традиционных задач, например, в кормлении, содержании, или селекции животных. Он должен экспериментировать и находить новые пути и ресурсы повышения эффективности разведения животных. А для этого он обязан владеть определенными методами.

Во-вторых, специалисту постоянно приходится знакомиться с различными научными публикациями и рекомендациями, которые, нередко, могут иметь противоречивые результаты, выводы и предложения. Он должен самостоятельно разобраться, результатам каких работ следует доверять, а каким – нет. Знание методов научных исследований дает ему возможность правильно оценить, на какие выводы и рекомендации можно положиться и внедрять их в производство, а какие являются сомнительными и нуждаются в дополнительной экспериментальной проверке.

Успех любого научного исследования зависит от:

- полноты владения специальными знаниями;
- степени освоения классических и новейших методов исследований и
- умения использовать их в зависимости от сложности проблемы и реальных возможностей.

Таким образом, от будущего ученого и специалиста требуется не только определенная сумма знаний, но и умение использовать их в своей работе, находить эффективные решения научных и производственных проблем, уверенно ориентироваться в растущем потоке информации.

Настоящая книга ставит своей целью (1) привить студентам и аспирантам определенный навык научных исследований, (2) ознакомить их с основными методами статистического анализа и (3) помочь овладеть этими методами в такой степени, чтобы они могли не только осознанно применять полученные знания в процессе обучения, написания дипломной или кандидатской работы, в последующей научной или производственной деятельности, но и, по мере необходимости, углублять и расширять эти знания путем дальнейшего *самообразования*.

В книге представлены основы организации и проведения научного эксперимента; рассмотрены элементы теории вероятностей, матричной алгебры, статистического оценивания и проверки гипотез; изложены описательная и непараметрическая статистика, метод χ^2 , корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы, метод BLUP и теория планирования эксперимента; даны советы по оформлению научного труда и список рекомендуемой литературы. Основное внимание сосредоточено на содержательной стороне и понятиях. В биометрических главах для лучшего усвоения вычислительных процедур приводятся числовые примеры. Применение рассмотренных методов иллюстрируется конкретными исследованиями по селекции молочного скота.

В заключение отметим, что от будущего *биолога-исследователя* не требуется быть экспертом в математической статистике, но он должен иметь достаточно знаний для того, чтобы: (1) понять главные принципы научного эксперимента; (2) быть способным выбрать нужный статистический метод; (3) понять, правильно интерпретировать и изложить полученные результаты,

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 ИССЛЕДОВАНИЕ, НАУЧНЫЙ МЕТОД, ЭКСПЕРИМЕНТ	5
1.1 Формулировка проблемы.....	5
1.2 Виды исследований, эксперимент.....	7
1.3 Научный метод, процесс познания.....	9
1.4 Условия качественного эксперимента.....	14
1.5 Этапы эксперимента.....	15
1.6 Ход научных рассуждений.....	18
2 МЕТОДЫ РАНДОМИЗАЦИИ	20
2.1 Таблица случайных чисел.....	21
2.2 Рандомизация в клинических испытаниях.....	22
2.3 Схема «несимметричной» монеты.....	24
3 МЕТОДЫ ПОСТАНОВКИ ЭКСПЕРИМЕНТА	26
3.1 Общие принципы.....	26
3.2 Методы обособленных групп.....	27
3.3 Методы интегральных групп.....	29
3.4 Методы групп-периодов.....	30
3.5 Требования к постановке опыта.....	33
3.6 Возможные ошибки.....	35
3.7 Производственная проверка.....	36
3.8 Экономическая эффективность.....	38
3.9 Современные тенденции.....	40
4 ИСТОРИЯ БИОМЕТРИИ	42
4.1 Зарождение математической статистики.....	42
4.2 Зарождение теории вероятности.....	44
4.3 Возникновение биометрии.....	46
4.4 Развитие статистики в России.....	48
4.5 Статистика и биометрия в советский период.....	49
4.6 Дискуссия в биологии.....	55
4.7 Август 1948.....	58
4.8 Реабилитация и современное состояние.....	62
5 ЭЛЕМЕНТЫ МАТРИЧНОЙ АЛГЕБРЫ	69
5.1 Типы матриц и векторов.....	69
5.2 Операции с матрицами и векторами.....	72
5.3 Обобщенная инверсия.....	80
5.4 Блочные матрицы.....	81
5.5 Общие правила матричной алгебры.....	83
6 ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ	84
6.1 Определения.....	84
6.2 Правила комбинаций вероятностей.....	87
6.3 Краткая запись формул.....	91
6.4 Перестановки и сочетания.....	93

7 СЛУЧАЙНАЯ ВЕЛИЧИНА	97
7.1 Определения.....	97
7.2 Распределение случайной величины.....	98
7.3 Математическое ожидание.....	102
7.4 Варианса.....	104
7.5 Стандартизированная случайная величина.....	106
8 ВИДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ	107
8.1 Классификация признаков.....	107
8.2 Нормальное распределение.....	109
8.3 Биномиальное распределение.....	119
8.4 Распределение Пуассона.....	125
8.5 Распределение Пирсона (χ^2).....	128
8.6 Распределение Стьюдента (t).....	130
8.7 Распределение Фишера-Снедекора (F).....	131
9 СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ	133
9.1 Генеральная и выборочная совокупности.....	134
9.2 Понятие об оценке параметров.....	136
9.3 Требования к оценкам.....	138
9.4 Доверительная вероятность и уровень значимости.....	142
9.5 Доверительный интервал.....	143
9.6 Метод максимального правдоподобия (ML).....	145
9.7 Метод наименьших квадратов (LS).....	150
10 ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ	153
10.1 Общие понятия.....	153
10.2 Ошибки I и II рода.....	154
10.3 Статистический критерий.....	155
10.4 Критическая область.....	156
10.5 Нахождение критических точек.....	158
10.6 Мощность критерия.....	160
11 ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ	165
11.1 Выборочное среднее.....	165
11.2 Групповая и общая средние.....	166
11.3 Выборочная варианса.....	168
11.4 Стандартное отклонение.....	169
11.5 Надежность оценки средней.....	170
11.6 Сравнение средних.....	171
11.7 Сравнение вариантов.....	174
11.8 Другие статистики.....	177
11.9 Альтернативные признаки.....	179
12 НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ СРАВНЕНИЯ	182
12.1 Обзор критериев.....	183
12.2 Критерий Уайта.....	185
12.3 Серийный критерий.....	189
12.4 Критерий Колмогорова-Смирнова.....	191

12.5	Критерий знаков.....	193
12.6	Критерий Крускала-Уоллиса.....	196
12.7	Критерий Фридмана.....	199
13	АНАЛИЗ ПОДСЧЕТОВ.....	203
13.1	Критерий χ^2	203
13.2	Проверка нулевой гипотезы.....	204
13.3	Анализ расщепления.....	205
13.4	Анализ многопольных таблиц.....	208
13.5	Соответствие эмпирического распределения теоретическому.....	211
13.6	Соответствие двух эмпирических распределений.....	215
13.7	Оценка сопряженности.....	217
13.8	Критерий Фишера-Ирвина.....	222
14	КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ.....	224
14.1	Понятие «корреляция».....	224
14.2	Задачи корреляционного анализа.....	225
14.3	Характер и сила связи.....	225
14.4	Виды корреляции.....	226
14.5	Простая линейная корреляция.....	227
14.6	Проверка значимости.....	229
14.7	Частная корреляция.....	232
14.8	Множественная корреляция.....	234
14.9	Ранговая корреляция.....	235
14.10	Коэффициент конкордации.....	237
14.11	Причины смещенных оценок.....	239
15	РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ.....	243
15.1	Понятие «регрессия».....	243
15.2	Задачи регрессионного анализа.....	244
15.3	Виды регрессии.....	245
15.4	Простая линейная регрессия.....	245
15.4.1	Эмпирическая линия регрессии.....	245
15.4.2	Уравнение подбора прямой регрессии.....	246
15.4.3	Коэффициент регрессии.....	252
15.5	Нулевая гипотеза и доверительный интервал.....	255
15.6	Коэффициент детерминации.....	260
15.7	Линейная множественная регрессия.....	263
15.8	Стандартизация.....	267
15.9	Связь коэффициентов корреляции и регрессии.....	269
15.10	Нелинейная регрессия.....	271
15.11	Последовательность регрессионного анализа.....	274
16	ФЕНОТИП И ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ (КО)ВАРИАНСА.....	276
16.1	Понятия «фенотип», «генотип», «среда».....	276
16.2	Модель фенотипа.....	276
16.3	Варианса линейной функции.....	280
16.4	Коварианса линейной функции.....	281

17 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ: ОСНОВЫ.....	284
17.1 Определение.....	284
17.2 Статистическая модель.....	286
17.3 Типы моделей.....	287
17.4 Нулевая гипотеза.....	290
17.5 Стандартный анализ.....	291
17.6 Результаты анализа.....	294
17.7 Допущения и оценки.....	297
17.8 R()-запись.....	298
17.9 Типы сумм квадратов.....	300
17.10 Сила влияния и корреляционное отношение.....	302
17.11 Внутриклассовая корреляция.....	304
17.12 Предпосылки и преобразование данных.....	306
18 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ: ВЫБОР МОДЕЛИ.....	308
18.1 Модели фиксированного типа.....	308
18.2 Модели рандомизированного типа.....	309
18.3 Модели смешанного типа.....	312
18.4 Фиксированная или рандомизированная модель?.....	312
19 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ: ЧИСЛОВЫЕ ПРИМЕРЫ.....	315
19.1 Однофакторная модель.....	315
19.2 Двухфакторная модель.....	319
19.2.1 Модель с взаимодействием.....	319
19.2.2 Модель без взаимодействия.....	325
19.2.3 Модель с гнездовым эффектом.....	326
19.3 Анализ альтернативных признаков.....	331
19.4 Ковариационный анализ.....	334
20 ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ: МАТРИЧНЫЙ ПОДХОД.....	337
20.1 Система нормальных уравнений.....	337
20.2 Решение.....	339
20.3 Разложение суммы квадратов.....	343
20.4 Допущения и оценки эффектов.....	345
21 НАИЛУЧШИЙ ЛИНЕЙНЫЙ НЕСМЕЩЕННЫЙ ПРОГНОЗ.....	348
21.1 Понятие «племенная ценность».....	348
21.2 Точность, надежность, ошибка.....	351
21.3 Модель для оценки по собственным показателям.....	353
21.4 Уравнения смешанной модели.....	355
21.5 Точность BLUP-оценок.....	360
21.6 Оценка по потомству.....	361
21.7 Учет родственных связей.....	366
21.8 Учет оценки отца.....	371
22 МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА.....	374
22.1 Факторный анализ.....	374
22.2 Метод главных компонент.....	377
22.3 Дискриминантный анализ.....	378
22.4 Кластерный анализ.....	380

23 ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА.....	382
23.1 Общая идея.....	383
23.2 Полный факторный эксперимент.....	387
23.3 Дробный факторный эксперимент.....	392
23.4 Проведение и обработка результатов.....	395
23.5 Применение.....	404
24 ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СТАТИСТИКИ.....	410
24.1 Робастность.....	410
24.2 Бутстреп.....	411
24.3 Статистика интервальных данных.....	413
24.4 Нечисловая статистика.....	414
24.5 Идеи нечисловой статистики.....	416
25 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ НАУЧНОЙ РАБОТЫ.....	419
25.1 Формы научного труда.....	419
25.2 Дипломная работа (проект).....	421
25.3 Подготовка научной статьи.....	425
25.4 Ошибки интерпретации статистического анализа.....	433
26 АСПИРАНТСКАЯ ПОДГОТОВКА.....	439
26.1 Что такое «аспирантура».....	439
26.2 Научный руководитель.....	440
26.3 Работа с литературой.....	441
26.4 Выбор темы.....	443
26.5 Выбор методов исследования.....	445
26.6 Планирование работы.....	446
26.7 Публикации, конференции.....	448
26.8 Структура диссертации.....	449
26.9 Изложение и стилистика.....	454
26.10 Оформление текста.....	457
26.11 Оформление библиографии.....	465
26.12 Форматирование рукописи.....	468
26.13 Автореферат и его оформление.....	469
27 ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ.....	471
☞ Генетическая изменчивость и взаимосвязь признаков молочной продуктивности холмогорского и черно-пестрого скота.....	471
☞ Использование генофонда голштинской породы в молочном скотоводстве Кировской области.....	481
☞ BLUP-оценка быков в Кировской области.....	495
☞ Использование Animal Model в исследованиях по селекции животных.....	503
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Статистические таблицы.....	513
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Титульный лист диссертации.....	525
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Титульный лист и вторая страница автореферата.....	526
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Глоссарий.....	528
ИСПОЛЬЗОВАННАЯ И РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	556