

Содержание

От автора	16
1 Погрешности и ошибки измерений	18
1.1 О принципах, проблемах, особенностях сбора и математической обработки данных . . .	18
1.2 Погрешности вычислений и действия с приближенными неслучайными числами	19
1.2.1 Точная ошибка приближенного числа	20
1.2.2 Предельная абсолютная погрешность	20
1.2.3 Предельная относительная погрешность	21
1.2.4 Сложение приближенных чисел . . .	21
1.2.5 Вычитание приближенных чисел . .	22
1.2.6 Умножение приближенных чисел . .	28
1.2.7 Деление приближенных чисел	29
1.2.8 Оценка ошибки функции приближенных аргументов	30
2 Основы теории вероятности, комбинаторики	32
2.1 Опыт, событие и вероятность	32
2.2 Геометрическая вероятность	33
2.3 Условная вероятность	34
2.3.1 Независимые события	35
2.3.2 Умножение вероятностей	35
2.3.3 Сложение вероятностей	36
2.4 Оценка на вероятность произведения событий	38
2.5 Полная вероятность	39
2.6 Формула Байеса	41
2.7 Элементы комбинаторики	42

3	Распределение случайной величины	48
3.1	Основные понятия математической статистики	48
3.1.1	Случайная величина	48
3.1.2	Генеральная совокупность	49
3.1.3	Выборка	49
3.1.4	Распределение случайной величины	49
3.1.5	Ряд распределения случайной величины, или статистический ряд	50
3.1.6	Энтропия конечной схемы	51
3.1.7	Функция распределения	53
3.1.8	Плотность вероятности	54
3.1.9	Двумерное распределение	55
3.2	Представления статистических данных	58
3.2.1	Простой статистический ряд	58
3.2.2	Вариационный ряд	58
3.2.3	Эмпирическая функция распределения	58
3.2.4	Полигон частот. Алгоритм построения полигона частот	60
3.2.5	Гистограмма	61
3.2.6	Кумулята	61
3.2.7	Количество интервалов разбиения при группировке данных	62
3.2.8	Ядерная оценка плотности	63
4	Характеристики случайных величин	65
4.1	Математическое ожидание	65
4.1.1	Свойства математического ожидания	66
4.1.2	Условное математическое ожидание	67
4.2	Среднеквадратическое отклонение	68
4.3	Дисперсия	69
4.3.1	Свойства дисперсии	69
4.3.2	Условная дисперсия	71

4.4	Меры положения	71
4.4.1	Среднее	71
4.4.2	Взвешенное среднее	72
4.4.3	Медиана	72
4.4.4	Мода	73
4.5	Меры рассеяния	73
4.6	Коэффициент корреляции	74
4.7	Моменты случайных величин	75
4.8	Распределение вероятности для функции случайных величин	76
4.8.1	Дискретная случайная величина . . .	76
4.8.2	Непрерывная случайная величина . .	79
4.9	Неравенства для вероятностей случайных величин и их характеристик	82
4.9.1	Неравенство Маркова	82
4.9.2	Неравенство Чебышёва	82
4.9.3	Неравенство Хефдинга	83
4.9.4	Неравенство Милла	84
4.9.5	Неравенство Коши–Шварца	84

5 Основные законы распределения

	случайной величины	85
5.1	Распределение точечной массы	85
5.2	Биномиальное распределение	85
5.2.1	Понятие и использование производящей функции для вычисления ха- рактеристик распределений	86
5.2.2	Вывод величины математического ожидания и дисперсии биномиаль- ного распределения с помощью про- изводящей функции	87
5.3	Распределение Пуассона	88
5.4	Геометрическое распределение	90
5.5	Гипергеометрическое распределение	90

5.6	Показательное распределение	91
5.7	Равномерное распределение	91
5.8	Распределение Вейбулла	91
5.9	Гамма-распределение	92
5.10	Бета-распределение	93
5.11	Распределение Стьюдента	93
5.12	Распределение Фишера	94
5.13	Распределение Максвелла	94
5.14	Нормальное распределение	95
5.14.1	Основные понятия	95
5.14.2	Центральная предельная теорема . .	99
5.14.3	Доказательство центральной пре- дельной теоремы	101
5.14.4	Правило 3σ (трех сигм)	103
5.14.5	Таблица стандартного нормального распределения. Правила работы с таблицей	105
5.15	Распределения, являющиеся близкими к нормальному распределению	109
5.16	Распределения, которые связаны с нор- мальным распределением	111
5.16.1	Распределение χ^2 (хи-квадрат)	111
5.16.2	Log-нормальное распределение	112
6	Точечные и интервальные оценки	114
6.1	Оценка вероятности случайного события . .	115
6.1.1	Геометрическая интерпретация до- верительного интервала оценки ве- роятности	120
6.2	Оценка математического ожидания	121
6.2.1	Точечная оценка математического ожидания	121

6.2.2	Поиск точечной оценки математического ожидания методом максимального правдоподобия	122
6.2.3	Поиск точечной оценки математического ожидания методом наименьших квадратов	124
6.2.4	Интервальная оценка математического ожидания	125
6.2.5	Использование распределения Стьюдента для построения интервальной оценки	129
6.3	Оценка дисперсии	133
6.3.1	Точечная оценка дисперсии	133
6.3.2	Интервальная оценка дисперсии	134
6.4	Сравнение дисперсий двух выборок нормальной генеральной совокупности	141
6.5	Сравнение математических ожиданий двух выборок нормальной генеральной совокупности	145
6.6	Оценивание параметров угловых случайных величин	146
7	Перенос ошибок	148
7.1	Матрица ошибок	148
7.2	Отношение двух случайных величин	152
7.3	Произведение двух случайных величин	152
7.4	Дисперсия произвольной функции от n независимых случайных величин	153
7.5	Пример вычисления плотности распределения функции случайных аргументов	153
8	Элементы линейной алгебры	156
8.1	Система линейных уравнений: основные понятия	156

8.2	Решение системы линейных уравнений . . .	157
8.2.1	Метод Крамера	157
8.2.2	Метод Гаусса	160
8.2.3	Замечания о погрешностях матричных операций	161
9	Условные и нормальные уравнения	162
9.1	Понятие о равноточных и неравноточных измерениях	162
9.2	Условные уравнения	164
9.3	Нормальные уравнения	166
9.4	Общий метод линеаризации условных уравнений	168
9.4.1	Определение начальных условий . .	169
9.4.2	Представление условных уравнений в виде ряда по малым параметрам .	169
9.4.3	Получение системы нормальных уравнений для первого приближения	171
9.4.4	Решение системы нормальных уравнений для первого приближения . . .	172
9.4.5	Стратегия дальнейшего решения . .	177
10	Однофакторный дисперсионный анализ	178
11	Корреляционный анализ	184
11.1	Оценка коэффициента корреляции	184
11.2	Исследование значимости корреляции . . .	185
11.3	Понятие криволинейной корреляции	187
12	Регрессионный анализ	190
12.1	Постановка задачи линейного регрессионного анализа	193
12.2	Статистический анализ параметров линейной регрессии	195

12.3	Коэффициент детерминации	200
12.4	Анализ остатков	202
12.5	Оценка остаточной дисперсии и сравнение двух линейных регрессий	203
12.6	Полиномиальная регрессия	209
12.6.1	Ортогональные полиномы и преимуще- ства их использования	212
12.6.2	Ортогональные нормированные (ор- тонормальные) полиномы и преимуще- ства их использования	216
12.6.3	Правила вычисления ортонормаль- ных полиномов Чебышёва на дис- кретном наборе точек	219
12.6.4	Нахождение уравнения регрессии с помощью ортонормальных поли- номов Чебышёва и определение по- рядка нелинейности	227
13	Исследование вида распределения	232
13.1	Критерий χ^2 (хи-квадрат)	232
13.2	Критерий Колмогорова	238
14	Непараметрические критерии	239
14.1	Понятие ранговых критериев	239
14.2	Постановка задачи поиска космических струн с помощью ранговых критериев . . .	240
14.3	Исходные наблюдательные данные и фор- мирование выборок для статистического анализа	242
14.4	Статистическая обработка данных	245
14.4.1	Обоснование использования непара- метрических критериев	245
14.4.2	Ранговые критерии сдвига	246
14.4.3	Быстрый ранговый критерий	248

14.4.4	Критерий ван дер Вардена	250
14.4.5	Критерий Манна–Уитни–Вилкоксона	252
14.4.6	Аппроксимация Имана	254
14.4.7	Результаты статистической обра- ботки негруппированных исходных данных	254
14.4.8	Тестирование используемых мето- дов на синтезированных выборках . .	255
14.4.9	Выводы	257
Приложение. Понятие фактора Байеса		259
Использованная литература		265
Рекомендуемая литература		266
Предметный указатель		268