

# Оглавление

Предисловие.....	3
Список используемых сокращений.....	5
Список обозначений.....	6
Введение.....	8
Глава 1. ШКАЛЫ ИЗМЕРЕНИЯ И ТИПЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ.....	11
1.1. Шкалы измерений.....	11
1.1.1. Качественные измерения.....	12
1.1.2. Количественные измерения.....	14
1.1.3. Квазиколичественные измерения.....	17
1.2. Типы представления многомерных данных.....	19
1.2.1. Матрица «объект-признак».....	20
1.2.2. Случайная векторная переменная.....	29
1.2.3. Ковариационная и корреляционные матрицы.....	30
1.2.4. Матрицы близостей.....	33
1.2.5. Нечеткие методы представления данных.....	38
Упражнения и задачи.....	43
Литература.....	44
Глава 2. РАЗВЕДОЧНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ.....	46
2.1. Основные узловые моменты разведочного анализа.....	46
2.2. Неоднородные выборки.....	52
2.2.1. Разделение неоднородной совокупности на однородные.....	53
2.2.2. Обнаружение аномальных наблюдений.....	55
2.3. Простые числовые и графические сводки данных.....	63
2.4. Преобразования данных.....	66
2.4.1. Простые преобразования.....	66
2.4.2. Преобразования, стабилизирующие дисперсию.....	71
2.4.3. Преобразование зависимостей.....	76
2.4.4. Обратное преобразование.....	78
Упражнения и задачи.....	79
Литература.....	80
Глава 3. АНАЛИЗ КАТЕГОРИЗОВАННЫХ ДАННЫХ.....	82
3.1. Критерии независимости для ТСП.....	82
3.2. Меры связи.....	85
3.2.1. Точный критерий Фишера для ТСП 2×2.....	88
3.2.2. Таблица сопряженности признаков $r \times c$ .....	90

3.3. Упорядоченные ТСП .....	91
3.4. Меры связанности Гудмена–Крускала .....	93
3.5. Логарифмически-линейные модели для ТСП .....	96
3.5.1. Модели для таблицы 2×2 .....	96
3.5.2. Многомерные таблицы .....	100
Упражнения и задачи .....	101
Литература .....	102
<b>Глава 4. НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ</b> .....	103
4.1. Введение .....	103
4.2. Критерии случайности .....	106
4.3. Одновыборочные критерии для медианы .....	109
4.4. Двухвыборочный критерий Уилкоксона – Манна – Уитни .....	113
4.5. Дисперсионный анализ Крускала – Уоллиса по одному признаку для независимых выборок .....	116
4.6. Дисперсионный анализ Фридмана по двум признакам для зависимых выборок .....	118
4.7. Меры ранговой корреляции .....	120
4.8. Коэффициент конкордации .....	123
Упражнения и задачи .....	126
Литература .....	127
<b>Глава 5. КЛАССИЧЕСКИЙ ЛИНЕЙНЫЙ РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ</b> .....	128
5.1. Оценки модели линейной регрессии .....	128
5.1.1. Построение модели .....	128
5.1.2. Оценивание параметров. Свойства оценок .....	131
5.1.3. Проверка статистических гипотез .....	136
5.1.4. Адекватность модели .....	139
5.1.5. Интервальные оценки .....	141
Упражнения и задачи .....	143
5.2. Одномерная линейная регрессия .....	145
5.2.1. Оценка параметров .....	145
5.2.2. Доверительные интервалы и полосы .....	148
5.2.3. Линеаризующие преобразования .....	150
5.2.4. Оценка регрессии по коэффициентам корреляции .....	152
Упражнения и задачи .....	157
5.3. Нарушение основных предпосылок МНК .....	158
5.3.1. Полнота модели .....	158
5.3.2. Измерение регрессоров с ошибками .....	161
5.3.3. Анализ остатков .....	162
5.3.4. Обобщенный метод наименьших квадратов .....	166
5.3.5. Взвешенная оценка метода наименьших квадратов .....	167
5.3.6. Обнаружение плохо влияющих наблюдений .....	167

5.3.7. Проверка восстановленных пропусков .....	170
Упражнения и задачи .....	172
5.4. Методы вычислений в регрессионном анализе.....	173
5.4.1. Методы преобразования в простую структуру .....	174
5.4.2. Устойчивость и обусловленность СЛУ .....	178
5.4.3. Решение задачи МНК-оценки с помощью разложения по сингулярным числам .....	183
5.4.4. Центрирование и стандартизация данных .....	185
Упражнения и задачи .....	188
5.5. Выбор наилучшего уравнения регрессии .....	188
5.5.1. Построение всех возможных регрессий .....	189
5.5.2. Выбор наилучшего набора регрессоров.....	192
5.5.3. Метод исключения и пошаговой регрессии .....	196
Упражнения и задачи .....	199
Литература.....	200
<b>Глава 6. ОЦЕНИВАНИЕ В УСЛОВИЯХ МУЛЬТИКОЛЛИНЕАРНОСТИ .....</b>	<b>201</b>
6.1. Гребневая регрессия .....	201
6.2. Регрессия на главных компонентах.....	204
6.3. Регрессия на компонентах дискретно-косинусного преобразования .....	207
6.4. Использование полиномов Чебышева в параболической регрессии одной переменной.....	209
6.5. Безошибочные решения в регрессионном анализе .....	214
6.5.1. Использование безошибочных вычислений при определении параметров параболической регрессии.....	215
6.5.2. Комбинированный метод решения задачи .....	218
6.5.3. Результаты идентификации параболической регрессии .....	219
Упражнения и задачи .....	221
Литература.....	222
<b>Глава 7. РОБАСТНАЯ, ЗНАКОВАЯ И БУТСТРЕП РЕГРЕССИИ.....</b>	<b>224</b>
7.1. Робастная регрессия.....	224
7.1.1. Нахождение М-оценок робастной регрессии .....	226
7.1.2. Метод модифицированных остатков .....	228
7.1.3. Метод модифицированных весов .....	231
7.1.4. Метод псевдонаблюдений.....	233
7.2. Знаковая регрессия .....	235
7.2.1. Знаковая оценка одномерной регрессии .....	236
7.2.2. Результаты вычислительного эксперимента .....	239
7.3. Бутстреп-регрессия .....	241
Упражнения и задачи .....	246
Литература.....	247

Глава 8. КЛАССИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА .....	248
8.1. Метод главных компонент и дискретно-косинусное преобразование .....	249
8.1.1. Применение МГК для сжатия сигналов.....	258
8.1.2. Применение главных компонент в задаче классификации .....	263
8.1.3. Дискретно-косинусное преобразование.....	266
Упражнения и задачи .....	269
8.2. Факторный анализ.....	270
8.2.1. Основные понятия факторного анализа.....	270
8.2.2. Свойства факторного анализа.....	273
8.2.3. Решение факторной системы.....	274
8.2.4. Проблема общности.....	277
8.2.5. Поиск простой структуры .....	278
8.2.6. Оценка факторов.....	284
Упражнения и задачи .....	285
8.3. Каноническая корреляция.....	286
8.3.1. Канонические корреляции совокупности .....	287
8.3.2. Статистика канонических корреляций.....	289
Упражнения и задачи .....	292
8.4. Дискриминантный анализ.....	293
8.4.1. Дискриминация .....	294
8.4.2. Классифицирующие функции .....	303
8.4.3. Классификационная матрица.....	308
8.4.4. Выбор информативных признаков.....	310
Упражнения и задачи .....	315
Литература.....	316
Глава 9. АНАЛИЗ СООТВЕТСТВИЙ И МНОГОМЕРНОЕ ШКАЛИРОВАНИЕ .....	317
9.1. Мультипликативные модели и теорема Экарта – Юнга.....	317
9.2. Анализ соответствий .....	319
9.3. Многомерное шкалирование .....	326
9.3.1. Метрическое многомерное шкалирование .....	328
9.3.2. Неметрическое многомерное шкалирование.....	337
Упражнения и задачи .....	348
Литература.....	351
Глава 10. НЕПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ И ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ.....	352
10.1. Основные понятия теории и статистики СП .....	352
10.1.1. Что такое случайный процесс и временной ряд.....	352
10.1.2. Выбор класса моделей .....	358

10.1.3. Основные задачи статистики случайных процессов .....	359
10.1.4. Задача наилучшей линейной оценки .....	365
10.1.5. Предварительная обработка данных .....	368
Упражнения и задачи .....	370
10.2. Оценка среднего стационарного случайного процесса .....	370
10.2.1. Оценка среднего по непрерывным данным .....	371
10.2.2. Свойства среднеинтегральной оценки .....	373
10.2.3. Оценка среднего по дискретизированным данным .....	375
Упражнения и задачи .....	377
10.3. Оценка корреляционных функций .....	378
10.3.1. Постановка задачи определения оценок корреляционных функций .....	378
10.3.2. Дисперсия оценки АКФ .....	380
10.3.3. Оценка автокорреляционной последовательности .....	385
10.3.4. Оценка взаимной корреляционной функции .....	388
10.3.5. Оценка корреляционных последовательностей с помощью быстрого преобразования Фурье .....	390
Упражнения и задачи .....	392
10.4. Методы оценивания СПМ .....	392
10.4.1. Математическое ожидание оценки СПМ .....	393
10.4.2. Дисперсия оценки СПМ .....	394
10.4.3. Периодограммная оценка СПМ .....	396
10.4.4. Коррелограммный метод оценки СПМ .....	405
10.4.5. Оценка СПМ процессов с дискретным временем .....	412
Упражнения и задачи .....	416
Литература .....	417
<b>Глава 11. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ .....</b>	<b>418</b>
11.1. Модели стационарного СВР .....	418
11.2. АР-модели временных рядов .....	422
11.2.1. Автокорреляционная последовательность АР-процесса .....	423
11.2.2. Спектральная плотность мощности АР-процесса .....	423
Упражнения и задачи .....	428
11.3. Алгоритмы блочной обработки АР-процессов .....	429
11.3.1. Оценка параметров АР-процесса методом Юла – Уолкера .....	429
11.3.2. Оценка параметров АР-процесса методом наименьших квадратов .....	431
11.3.3. Свойства оценок коэффициентов линейного предсказания .....	434
11.3.4. Выбор порядка модели .....	435
Упражнения и задачи .....	440

11.4. Алгоритмы обработки последовательности данных .....	442
11.4.1. Вывод алгоритма РНК.....	442
11.4.2. Алгоритм РНК с экспоненциальным взвешиванием .....	445
11.4.3. Дисперсия ошибки предсказания РНК-алгоритма.....	447
11.4.4. Вычислительные аспекты алгоритма РНК .....	448
Упражнения и задачи .....	449
Литература.....	450
Глава 12. АНАЛИЗ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ СВР.....	451
12.1. Сингулярный анализ временных рядов .....	451
12.1.1. Оценивание частот спектра стационарного СВР .....	452
12.1.2. Метод гармонического разложения Писаренко .....	454
12.1.3. Функции оценок частоты .....	455
12.1.4. Выбор порядка модели .....	459
12.2. Сингулярный анализ многокомпонентных СВР.....	466
Упражнения и задачи .....	473
12.3. Элементы вейвлет-анализа.....	474
12.3.1. Проблемы преобразования Фурье.....	475
12.3.2. Вейвлет-преобразование .....	477
12.3.3. Вейвлет-функции .....	483
12.3.4. Свойства вейвлет-преобразования .....	485
12.3.5. Применение вейвлет-анализа.....	487
12.3.6. Кратномасштабный анализ .....	492
Упражнения и задачи .....	503
Литература.....	504
Приложение. СИНГУЛЯРНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ И ЕГО СВОЙСТВА.....	505
Предметный указатель .....	509