

Содержание

Предисловие	15
ЧАСТЬ I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ	19
Глава 1. Основные понятия теории вероятностей	20
1.1. Понятия случайного события и случайной величины	20
1.1.1. Вероятности	21
1.1.2. Алгебра случайных событий	22
1.1.3. Условные вероятности	22
1.2. Распределения случайных величин	23
1.2.1. Дискретные случайные величины	23
1.2.2. Непрерывные случайные величины	25
1.2.3. Числовые характеристики случайных величин	25
1.2.4. Вероятностные неравенства	27
1.2.5. Двумерные распределения	28
1.3. Функции от случайных величин	29
1.3.1. Линейное преобразование случайных величин	30
1.3.2. Суммы случайных величин	30
1.3.3. Центральная предельная теорема	31
1.4. Примеры дискретных распределений	32
1.4.1. Равномерное дискретное распределение	32
1.4.2. Распределение Бернулли	32
1.4.3. Биномиальное распределение	33
1.4.4. Распределение Пуассона	34
1.4.5. Геометрическое распределение	34
1.4.6. Гипергеометрическое распределение	35
1.4.7. Отрицательное биномиальное распределение (распределение Паскаля)	35
1.5. Примеры непрерывных распределений	36
1.5.1. Равномерное непрерывное распределение	36
1.5.2. Треугольное распределение	37
1.5.3. Показательное (экспоненциальное) распределение	37
1.5.4. Нормальное распределение	38
1.5.5. Распределение “хи-квадрат”	39
1.5.6. Распределение Стьюдента	40
1.5.7. F-распределение	41
1.5.8. Логарифмически нормальное распределение	42
1.5.9. Бета-распределение	43
1.5.10. Гамма-распределение	44

1.5.11. Распределение Вейбулла–Гнеденко	44
1.5.12. Распределения Пирсона	45
Глава 2. Основные статистические методы	49
2.1. Точечное оценивание параметров распределения	49
2.1.1. Несмещенность оценки	50
2.1.2. Эффективность оценки	51
2.1.3. Состоятельность оценки	51
2.2. Интервальное оценивание параметров распределения	52
2.3. Выборочные статистики и интервальные оценки	54
2.3.1. Статистика для оценивания математического ожидания	54
2.3.2. Статистика для оценивания дисперсии	56
2.3.3. Статистики для оценивания моментов	58
2.3.4. Статистики для оценивания коэффициентов асимметрии и эксцесса	58
2.3.5. Статистика для оценивания медианы	59
2.3.6. Оценки параметров нормального распределения	59
2.3.7. Оценка параметра p распределения Бернулли	61
2.3.8. Оценка параметра λ распределения Пуассона	63
2.3.9. Порядковые статистики	65
2.4. Проверка статистических гипотез	65
2.4.1. Критерии проверки гипотез о значениях параметров генеральной совокупности	68
2.4.2. Критерии сравнения значений параметров генеральных совокупностей	70
2.4.3. Критерии проверки гипотез о принадлежности распределения выборки классу распределений	75
Глава 3. Анализ статистических зависимостей	78
3.1. Общая модель статистических зависимостей	78
3.2. Задачи статистического анализа зависимостей	79
3.3. Корреляционный анализ	81
3.3.1. Анализ зависимостей между количественными переменными	81
3.3.2. Анализ зависимостей между порядковыми переменными	83
3.3.3. Анализ зависимостей между классификационными переменными	86
3.4. Регрессионный анализ	88
3.4.1. Выбор функции регрессии	88
3.4.2. Построение функции регрессии	90
3.4.3. Проверка адекватности функции регрессии	91
3.4.4. Статистические характеристики параметров функции регрессии	92
3.4.5. Прогнозирование	93
3.5. Дисперсионный анализ	94
3.5.1. Статистическая модель	94

3.5.2. Однофакторный дисперсионный анализ	95
3.5.3. Двухфакторный дисперсионный анализ	97

ЧАСТЬ II. СРЕДСТВА EXCEL ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА 101

Глава 4. Статистические функции	102
4.1. Функции для определения экстремальных значений выборки	102
4.1.1. Функции МАКС, МАКСА, МИН, МИНА	103
4.1.2. Функции НАИБОЛЬШИЙ и НАИМЕНЬШИЙ	103
4.2. Функции для работы с порядковыми статистиками	104
4.2.1. Функция КВАРТИЛЬ	104
4.2.2. Функция ПЕРСЕНТИЛЬ	105
4.2.3. Функция МЕДИАНА	106
4.2.4. Функция ПРОЦЕНТРАНГ	106
4.2.5. Функция РАНГ	107
4.3. Функции для вычисления средних	109
4.3.1. Функция СРГAM	109
4.3.2. Функция СРГЕОМ	109
4.3.3. Функции СРЗНАЧ и СРЗНАЧА	109
4.3.4. Функция УРЕЗСРЕДНЕЕ	110
4.4. Функции для вычисления геометрических характеристик распределения	110
4.4.1. Функция СКOC	110
4.4.2. Функция ЭКСЦЕСС	111
4.5. Функции для вычисления выборочной дисперсии и отклонения	111
4.5.1. Функции ДИСП и ДИСПА	112
4.5.2. Функции ДИСПР и ДИСПРА	112
4.5.3. Функция КВАДРОТКЛ	112
4.5.4. Функции СТАНДОТКЛОН и СТАНДОТКЛОНА	112
4.5.5. Функции СТАНДОТКЛОНП и СТАНДОТКЛОНПА	113
4.5.6. Функция СРОТКЛ	113
4.6. Функции для вычисления значений функций распределения	113
4.6.1. Функция ФРАСП	114
4.6.2. Функция БЕТАРАСП	114
4.6.3. Функция БИНОМРАСП	115
4.6.4. Функция ВЕЙБУЛЛ	115
4.6.5. Функция ГАММАРАСП	116
4.6.6. Функция ГИПЕРГЕОМЕТ	116
4.6.7. Функция ЛОГНОРМРАСП	117
4.6.8. Функция НОРМРАСП	117
4.6.9. Функция НОРМСТРАСП	117
4.6.10. Функция ОТРВИНОМРАСП	117
4.6.11. Функция ПУАССОН	118
4.6.12. Функция СТЬЮДРАСП	118
4.6.13. Функция ХИ2РАСП	119
4.6.14. Функция ЭКСПРАСП	119

4.7. Функции, обратные к функциям распределения	119
4.7.1. Функция ФРАСПОБР	120
4.7.2. Функция БЕТАОБР	121
4.7.3. Функция ГАММАОБР	121
4.7.4. Функция ЛОГНОРМОБР	121
4.7.5. Функция НОРМОБР	122
4.7.6. Функция НОРМСТОБР	122
4.7.7. Функция СТЬЮДРАСПОБР	122
4.7.8. Функция ХИ2ОБР	122
4.7.9. Функция КРИТВИНОМ	123
4.8. Функции для проверки статистических критериев	123
4.8.1. Функция ZТЕСТ	124
4.8.2. Функция TТЕСТ	124
4.8.3. Функция FТЕСТ	126
4.8.4. Функция ХИ2ТЕСТ	127
4.9. Функции для построения уравнения регрессии и прогнозирования	128
4.9.1. Функция ЛИНЕЙН	129
4.9.2. Функции НАКЛОН и ОТРЕЗОК	131
4.9.3. Функция СТОШУХ	132
4.9.4. Функция ПРЕДСКАЗ	133
4.9.5. Функция ТЕНДЕНЦИЯ	133
4.9.6. Функция ЛГРФПРИБЛ	134
4.9.7. Функция РОСТ	135
4.10. Функции для вычисления ковариации и коэффициента корреляции	136
4.10.1. Функция КОВАР	136
4.10.2. Функция КОРРЕЛ	137
4.10.3. Функция ПИРСОН	137
4.10.4. Функция КВПИРСОН	138
4.10.5. Функции ФИШЕР и ФИШЕРОБР	139
4.11. Дополнительные функции	139
4.11.1. Функция ВЕРОЯТНОСТЬ	140
4.11.2. Функция ДОВЕРИТ	140
4.11.3. Функция МОДА	141
4.11.4. Функция ЧАСТОТА	141
4.12. Вспомогательные функции	142
4.12.1. Функция ГАММАНЛОГ	142
4.12.2. Функция НОРМАЛИЗАЦИЯ	142
4.12.3. Функция ПЕРЕСТ	143
4.12.4. Функции СЧЁТ и СЧЁТЗ	143
4.13. Функции для генерирования равномерно распределенных случайных чисел	143
4.13.1. Функция СЛЧИС	144
4.13.2. Функция СЛУЧМЕЖДУ	144

Глава 5. Надстройка Пакет анализа	146
5.1. Описательная статистика	149
5.1.1. Опции диалогового окна Описательная статистика	151
5.2. Гистограмма	151
5.2.1. Опции диалогового окна Гистограмма	152
5.3. Генерация случайных чисел	154
5.3.1. Опции диалогового окна Генерация случайных чисел	155
5.4. Выборка	160
5.4.1. Опции диалогового окна Выборка	160
5.5. Ранг и перцентиль	161
5.6. Двухвыборочный z-тест для средних	161
5.7. Двухвыборочный t-тест с одинаковыми дисперсиями	165
5.8. Двухвыборочный t-тест с различными дисперсиями	167
5.9. Парный двухвыборочный t-тест для средних	169
5.10. Двухвыборочный F-тест для дисперсий	172
5.11. Однофакторный дисперсионный анализ	173
5.12. Двухфакторный дисперсионный анализ с повторениями	175
5.13. Двухфакторный дисперсионный анализ без повторений	177
5.14. Корреляция	179
5.15. Ковариация	180
5.16. Регрессия	181
5.17. Скользящее среднее	187
5.18. Экспоненциальное сглаживание	188
5.19. Анализ Фурье	189
Глава 6. Дополнительные возможности Excel для проведения статистического анализа	193
6.1. Массивы и формулы массивов	193
6.1.1. Редактирование формул массивов	196
6.1.2. Массивы констант	196
6.1.3. Поименованные массивы и диапазоны	197
6.1.4. Примеры использования формул массивов	200
6.1.5. Матричные вычисления	203
6.1.6. Функции суммирования	204
6.2. Диаграммы	206
6.2.1. Линии тренда	207
6.2.2. Планки погрешностей	210
6.2.3. Построение гистограмм и функций распределения дискретных случайных величин	212
6.2.4. Гистограммы с перекрытием	215
6.3. Надстройка Поиск решения	217
6.3.1. Задачи оптимизации и средство Поиск решения	218
6.3.2. Задачи, решаемые средством Поиск решения	224
6.3.3. Примеры применения средства Поиск решения	225

Глава 7. Моделирование случайных величин	229
7.1. Средства Excel для генерирования случайных чисел	229
7.2. Метод обратных функций моделирования случайных величин	234
7.3. Метод суперпозиций	238
7.4. Метод отбора	242
7.5. Моделирование многомерных случайных величин	244
7.5.1. Моделирование зависимых случайных величин с известным коэффициентом корреляции	245
ЧАСТЬ III. АНАЛИЗ ОДНОМЕРНЫХ ВЫБОРОК	249
Глава 8. Предварительный анализ	250
8.1. Цензурирование	250
8.1.1. Цензурирования на основе построения доверительных интервалов	251
8.1.2. Непараметрическое цензурирование	257
8.1.3. Винзоризация выборки	258
8.2. Преобразование данных	263
8.2.1. Преобразование квадратного корня	263
8.2.2. Логарифмическое преобразование	265
8.2.3. Стандартизирующее преобразование	267
8.3. Построение гистограмм, полигонов и эмпирических функций распределения	267
8.3.1. Построение гистограммы и эмпирической функции распределения для дискретных случайных величин	268
8.3.2. Построение гистограммы и полигона для непрерывных распределений	273
8.4. Вычисление точечных оценок параметров распределения	278
8.4.1. Точечные оценки дискретного распределения	283
8.4.2. Вычисление моды для непрерывных распределений	285
Глава 9. Подбор распределения	286
9.1. Предварительное определение класса распределения	286
9.1.1. Построение пробит-графиков	288
9.2. Подбор функции распределения на основе числовых характеристик выборки	291
9.2.1. Критерии отклонения распределения от нормального	293
9.2.2. Критерий отклонения от распределения Пуассона	296
9.3. Критерий χ^2	297
9.3.1. Критерий χ^2 для дискретных распределений	297
9.3.2. Критерий χ^2 для непрерывных распределений	299
9.4. Критерий Колмогорова	304
Глава 10. Интервальное оценивание параметров распределения	307
10.1. Общие доверительные интервалы для математического ожидания	307
10.1.1. Общая модель при известной дисперсии	307

10.1.2. Одномодальное симметричное распределение при известной дисперсии	308
10.1.3. Общая модель с неизвестной дисперсией	308
10.2. Общий доверительный интервал для дисперсии	310
10.3. Интервальные оценки параметров нормального распределения	312
10.3.1. Интервальные оценки для неизвестного математического ожидания при известной дисперсии	312
10.3.2. Интервальные оценки для неизвестного математического ожидания при неизвестной дисперсии	313
10.3.3. Интервальные оценки для неизвестной дисперсии при известном математическом ожидании	315
10.3.4. Интервальные оценки для неизвестной дисперсии при неизвестном математическом ожидании	315
10.4. Оценка параметров логарифмически нормального распределения	317
10.5. Оценка параметра показательного распределения	318
10.6. Оценка параметров гамма-распределения	319
10.6.1. Оценка параметра λ при известном параметре α	320
10.6.2. Оценка параметра α при известном параметре λ	321
10.6.3. Совместная оценка параметров α и λ	322
10.7. Оценка параметров равномерного распределения	323
10.7.1. Оценка границы равномерного распределения	323
10.7.2. Оценка обеих границ равномерного распределения	324
10.8. Оценки параметра распределения Бернулли	324
10.8.1. Оценивание вероятности p по одному эксперименту	325
10.8.2. Оценивание вероятности p по нескольким экспериментам	327
10.8.3. Применение преобразования арксинуса	328
10.9. Оценка параметра распределения Пуассона	329
10.10. Оценки параметра геометрического распределения	331
10.11. Доверительные интервалы для квантилей	333
Глава 11. Проверка гипотез о параметрах распределений	335
11.1. Критерии проверки гипотез о параметрах нормального распределения	335
11.1.1. Критерий проверки значения математического ожидания нормальной совокупности	335
11.1.2. Критерий проверки значения дисперсии нормальной совокупности	337
11.2. Проверка гипотезы о значении параметра показательного распределения	339
11.3. Проверка гипотезы о значении параметра биномиального распределения	341
11.3.1. Использование биномиального распределения	341
11.3.2. Асимптотический критерий	343
11.4. Критерии проверки гипотез о значении медианы	343
11.4.1. Критерий знаков	344
11.4.2. Критерий знаковых рангов Уилкоксона	346

Глава 12. Сравнение одномерных выборок	349
12.1. Сравнение выборочных распределений	349
12.1.1. Непараметрический критерий медианы	350
12.1.2. Критерий Уилкоксона–Манна–Уитни	355
12.1.3. Критерий Краскала–Уоллиса	357
12.1.4. Критерий серий Вальда–Вольфовица	359
12.1.5. Критерий χ^2	360
12.1.6. Критерий Смирнова	362
12.2. Доверительные интервалы для параметров распределений	364
12.2.1. Доверительный интервал для разности средних нормальных совокупностей (равные дисперсии)	364
12.2.2. Доверительный интервал для разности средних нормальных совокупностей (разные дисперсии)	365
12.2.3. Доверительный интервал для отношения дисперсий нормальных совокупностей	366
12.2.4. Доверительный интервал для разности двух биномиальных вероятностей	367
12.3. Проверка гипотез о параметрах распределений	368
12.3.1. Проверка гипотез о математических ожиданиях нормальных распределений	368
12.3.2. Проверка гипотез о дисперсиях нормальных распределений	374
12.3.3. Непараметрический критерий Ансари–Бредли проверки гипотезы о равенстве дисперсий	378
12.3.4. Проверка гипотез о равенстве биномиальных вероятностей	380
 ЧАСТЬ IV. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ	 381
Глава 13. Корреляционный анализ	382
13.1. Критерии независимости	382
13.1.1. Критерий независимости на основе преобразования Фишера	383
13.1.2. Критерий независимости для двумерных нормальных совокупностей	384
13.1.3. Критерий независимости на основе рангового коэффициента корреляции Спирмена	385
13.1.4. Критерий независимости на основе рангового коэффициента корреляции Кендалла	386
13.1.5. Критерий независимости для многомерных выборок	389
13.1.6. Критерий независимости на основе таблиц сопряженности	390
13.2. Оценивание коэффициента корреляции	393
13.2.1. Доверительные интервалы для коэффициента корреляции	393
13.2.2. Доверительные интервалы для коэффициента корреляции нормальной совокупности	394
13.3. Критерии проверки гипотез о значениях коэффициента корреляции	396
13.3.1. Критерий проверки значения коэффициента корреляции	396

13.3.2. Критерий проверки равенства двух коэффициентов корреляции	397
13.3.3. Критерий проверки равенства нескольких коэффициентов корреляции	399
Глава 14. Сравнение зависимых выборок	400
14.1. Доверительные интервалы для разности математических ожиданий нормальных совокупностей	400
14.1.1. Доверительный интервал для разности математических ожиданий	400
14.1.2. Доверительный интервал для математических ожиданий нескольких совокупностей	401
14.2. Критерии проверки гипотез о равенстве математических ожиданий	403
14.2.1. Парный критерий Стьюдента	404
14.2.2. Непараметрический критерий знаков	405
14.2.3. Непараметрический критерий Уилкоксона	407
14.3. Дисперсионный анализ для зависимых выборок	408
14.3.1. Двухфакторный дисперсионный анализ	409
14.3.2. Двухфакторный дисперсионный анализ Фридмана	411
14.3.3. Критерий множественных сравнений Шеффе для зависимых выборок	415
Глава 15. Регрессионный анализ	417
15.1. Построение функции регрессии	418
15.2. Адекватность уравнения регрессии	420
15.3. Доверительные интервалы и проверка гипотез для коэффициентов функции регрессии	422
15.4. Доверительный интервал для значения прогноза	423
Литература	427
Предметный указатель	429