

М.Ю. АНТОМОНОВ

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ
ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ
МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ
ДАННЫХ**

Киев – 2017

УДК 57-7:57:61

А

Рекомендовано ученым советом
ГО «Институт общественного здоровья
им. А.Н. Марзеева НАМН Украины»
(протокол № 7 от 26. 09. 2017 г.)

Рецензенты:

Н.С. Польша, *чл.-корр. АМН Украины, профессор, заместитель директора по научной работе ГО «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины»*

А.С. Коваленко, *доктор медицинских наук, профессор, заведующий отделом медицинских информационных систем Международного учебно-научного центра информационных технологий и систем НАН Украины*

Антомонов М.Ю.

А Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. 2-е изд. – К. : 2017. – с.
ISBN

Книга предназначена для специалистов медицинского или биологического профиля. В ней в доступной форме изложены основные математические методы анализа результатов исследований. Приводятся примеры обработки экспериментальных, клинических и эпидемиологических данных.



Автор: Антомонов Михаил Юрьевич, доктор биологических наук, профессор. Автор более 500 научных работ (в том числе шести монографий) в области применения математических методов и информатики в медицинских и биологических системах.

ISBN

© М.Ю. Антомонов, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Целесообразность использования математики в медико-биологических исследованиях (введение)	10
ГЛАВА 1. Логика научного исследования	13
1.1. Основные элементы научного исследования	
Наука. Прикладные исследования. Фундаментальные исследования. Постановка проблемы. Выдвижение и обоснование гипотезы. Теоретическое исследование. Экспериментальное исследование. Анализ и сопоставление результатов. Заключение и выводы. Внедрение результатов	13
1.2. Проведение экспериментальных исследований	
Стадии эмпирического исследования. Эффективность экспериментальных исследований.	15
1.3. Требования к данным и методикам	
Доброкачественность. Репрезентативность. Содержательность. Актуальность. Точность и достоверность. Доступность. Устойчивость. Валидность. Адекватность. Релевантность. Пертинентность.	17
1.4. Компьютерные средства для занесения и обработки данных	
<i>Microsoft Excel. STADIA. MedCalc, SPSS, STATA. STATGRAPHICS PLUS. PRISM, SYSTAT. STATISTICA.</i>	19
1.5. Представление исходной информации	
Табулирование данных. Правила составления таблиц.	23
1.6. Оформление результатов исследования	
Ценность. Полнота материала. Краткость. Понятность. Доступность. Достаточность. Корректность. Правдивость. Математическая доказанность. Конкретность.	28
ГЛАВА 2. Основные понятия теории вероятностей и математической статистики	
Случайная величина. Случайное событие. Случайный процесс. Опыт (испытание). Генеральная совокупность. Выборка. Элемент выборки. Точечные оценки. Выборочные параметры, Интервальные оценки. Доверительные границы. Ошибки репрезентативности. Коэффициент Стьюдента (t). Вероятность. Абсолютная частота. Вариационный ряд. Относительная частота. Математическая вероятность. Закон больших чисел. Совместные и несовместные события. Зависимые и независимые события. Полная группа событий. Теорема сложения вероятностей. Теорема умножения вероятностей. Вероятность наступления по меньшей мере одного события. Условная вероятность. Диаграммы Венна. Формула Байеса. Функция распределения. Плотность распределения. Сигмальное отклонение. Гипотеза. Нулевая гипотеза. Критерии. Односторонние и двусторонние критерии. Ошибки статистических заключений. Уровни значимости (α). Мощность критерия.	31
ГЛАВА 3. Типы переменных и их преобразования	45
3.1. Шкалы данных	
Номинальная шкала. Бинарные признаки. Шкала рангов. Шкала отношений. Шкала интервалов. Нечеткая логика.	45
3.2. Взаимные преобразования разнотипных переменных	
Перешкалирование. Переход от шкалы отношений к ранговой шкале. Сведение к двоичным переменным. Переход к номинальным переменным. Ранжирование и оцифровка номинальных переменных.	48
3.3. Экспертное оценивание	
Организация экспертизы. Обработка результатов. Метод анализа иерархий Т. Саати.	53
	3

ГЛАВА 4. Первичная обработка данных. Описательная статистика	61
4.1. Меры центральной тенденции	
Средняя арифметическая. Средневзвешенная арифметическая. Средняя геометрическая. Среднеквадратическая величина. Средняя кубическая. Степенная средняя величина. Средняя гармоническая. Медиана (<i>Me</i>) Мода (<i>Mo</i>). Проценты.	62
4.2. Показатели variability	
Лимиты и размах. Среднее линейное отклонение. Дисперсия. Среднеквадратическое отклонение. Ошибка средней арифметической. Ошибка средней разницы или суммы. Ошибка среднего отношения. Коэффициенты вариации. Показатель точности оценки параметров. Нормированное отклонение. Коэффициент Стьюдента.	67
4.3. Число степеней свободы. Несмещенные оценки	72
ГЛАВА 5. Формирование комплексных показателей и интегральных оценок	74
5.1. Введение в проблему	74
5.2. Принципы отбора показателей и оценка их информативности	
Информативность. Полнота описания. Уникальность. Возможности измерения. Репрезентативность. Не избыточность. Приемлемость. Оценка информативности. Расчет информативности экспертными методами. Уменьшение количества показателей.	77
5.3. Выбор «нормы»	81
5.4. Расчет безразмерных эквивалентов	
Сопоставление с «нормами». Сопоставление с показателями variability.	81
5.5. Нормирование	
Использование линейных функций. Нормирование «домиком» и «корытом». Нормирование «пирамидой» и «воронкой». Использование унимодальных функций. Нормирование «полуколоколом». Использование функции арктангенса.	84
5.6. Формирование комплексных показателей	94
5.7. Переход к интегральной оценке	
Верификация. Вербализация.	99
5.8. Комплексные показатели для ранговых и бинарных переменных	
Прямой метод балльной оценки. Обратный метод балльной оценки. Общий алгоритм. Комплексная оценка изменений ранговых переменных. Комплексная оценка бинарных переменных	101
ГЛАВА 6. Распределения	108
6.1. Эмпирические распределения	
Группировка данных. Выбраковка выскакивающих вариант. Графическое представление распределений.	108
6.2. Моменты	
Начальные моменты. Центральные моменты. Асимметрия и эксцесс.	111
6.3. Распределение Гаусса	
Значение нормального закона распределения. Центральная предельная теорема. Функции распределения Гаусса. Логарифмически нормальное распределение.	114
6.4. Некоторые другие законы распределения	
Распределение Стьюдента. Распределение Фишера или <i>F</i> -распределение. Распределение Пирсона χ^2 . Распределение Вейбулла. Распределение Пуассона. Равномерное распределение.	118
6.5. Критерии соответствия	
Критерий согласия χ^2 Пирсона. Критерий Романовского <i>R</i> . Критерий Ястремского <i>J</i> . Критерий λ . Колмогорова-Смирнова. Критерии асимметрии и эксцесса.	123

ГЛАВА 7. Сравнение выборок	127
7.1. Параметрические критерии для двух выборок	
Критерий Фишера (F). Критерий Стьюдента (t). Графический анализ различий. Критерий Стьюдента для процентов (частот). Критерий Стьюдента для сопряженных выборок.	128
7.2. Непараметрические критерии	
Критерий знаков z для двух связанных выборок. Максимум-критерий T -критерий Уилкоксона для сопряженных выборок. Тест серий Вальда-Вольфовича (S). Тест Сиджела-Тьюки. Критерий Уитни - Вилкоксона - Манна (U). Критерий $D(\alpha)$ Смирнова (Колмогорова).	136
7.3. Критерии сравнения для нескольких выборок	
Постановка задачи. Поправки Бонферрони для критерия Стьюдента. Корректировка числа степеней. Поправкой Бенджамини-Хохберга. Поправка Холма. Критерий Тьюки для множественных сравнений. Критерий Ньюмена—Кейлса. Сравнение нескольких групп с одной («контрольной»). Критерий Даннета. Критерий Диксона. Критерий Краскела-Уоллеса.	145
7.4. Необходимый объем выборки	
Использование критерия Стьюдента. Оценки, основанные на мощности.	151 161
ГЛАВА 8. Дисперсионный анализ	
8.1. Основные положения дисперсионного анализа	161
8.2. Разложение вариативности на составляющие. Девиата	163
8.3. Проверка равенства дисперсий	
Критерий Хартли. Критерий Кохрена. Критерий Бартлетта. Критерий Левене. Критерий Брауна-Форсайта.	164
8.4. Оценка влияния действующих факторов	
Дисперсии. Критерий достоверности влияния факторов. Оценка силы влияния факторов. Сравнение групповых средних дисперсионного комплекса.	166
8.5. Однофакторный комплекс	
Обработка переменных шкалы отношений. Однофакторный комплекс для ранговых переменных.	169
8.6. Двухфакторный комплекс	173 176
ГЛАВА 9. Корреляционный анализ: параметрические методы	
9.1. Основные положения корреляционного анализа	176
9.2. Ковариация	178
9.3. Коэффициент парной корреляции Пирсона	
Определение коэффициента корреляции. Минимальный объем выборки для оценки коэффициента корреляции. Оценка разности между коэффициентами корреляции.	179
9.4. Нелинейная корреляция	
Корреляционное отношение (индекс корреляции). Оценка степени нелинейности. Коэффициенты детерминации.	183
9.5. Множественная корреляция	
Случай трех переменных. Частная или «очищенная» корреляция.	186
9.6. Каноническая корреляция	
Канонические переменные (корни). Канонические веса. Канонические нагрузки. Вклад факторов или извлеченные дисперсии. Избыточность.	189 191
ГЛАВА 10. Корреляционный анализ: непараметрические показатели связи	
10.1. Непараметрическая взаимосвязь между переменными шкалы отношений	
Коэффициент корреляции Фехнера.	191
10.2. Коэффициенты ранговой корреляции	
Коэффициент корреляции рангов Спирмена (r_s). Коэффициент ранговой корреляции Кендалла (τ). Коэффициент конкордации Кендалла (W).	192

10.3. Корреляция для четырехпольных таблиц	
Коэффициент контингенции Бравайса-Пирсона (r_B). Критерий χ^2 Пирсона для четырехпольных таблиц. Коэффициент ассоциации Юла. Точный критерий Фишера. Критерий Макнемара.	198
10.4. Таблицы сопряженности	
Критерий сопряженности Пирсона. Поправка Йейтса. Полихорический показатель связи (C). Формула Крамера. Формула Чупрова.	202
10.5. Взаимосвязь между бинарными переменными	
Коэффициент корреляции знаков. Бисериальный коэффициент корреляции. Многомерный случай номинальных признаков.	206 209
ГЛАВА 11. Регрессионный анализ: основные положения	
11.1. Математическое моделирование	
Моделирование. Два подхода к математическому анализу данных. Классификация математических моделей.	210
11.2. Критерии моделирования	212
11.3. Построение модели: основные этапы	
Выбор типа модели: линейные или нелинейные. Выбор класса модели: однофакторные или многофакторные. Учет динамической составляющей. Выбор вида модели. Операции с исходным массивом данных. Определение параметров модели: метод наименьших квадратов.	214
11.4. Показатели корректности регрессионной модели	
Критерии точности построения модели. Анализ остатков. Ошибки и достоверности коэффициентов. Адекватность регрессионной модели. Зависимость числа параметров от числа измерений. Проверка модели «в экстремальных обстоятельствах».	221
11.5. Использование регрессионных моделей	
Модель как инструмент познания. Структурно-функциональное моделирование. Трактровка параметров. Интерполяция. Прогноз. Обратная задача.	229 233
ГЛАВА 12. Регрессионный анализ: линейные зависимости	
12.1. Линейная однофакторная регрессия	
Значения коэффициентов. Связь с корреляционным анализом. Оценки вариативности и достоверности. Оценка «вклада» фактора в изменчивость показателя. Прогноз. Критические уровни. Вырожденная модель.	233
12.2. Линейная многофакторная регрессия	
Расчет коэффициентов. Бета-коэффициенты. Оценка «вкладов» факторов. Мультиколлинеарность. Работа с моделью.	243
12.3. Промежуточные варианты	
Эффекты совместного действия. Пошаговые процедуры. Модели с ограничениями. Использование частных моделей для построения множественной регрессии.	250
12.4. Системы линейных уравнений	255 256
ГЛАВА 13. Регрессионный анализ: нелинейные зависимости	
13.1. Полиномиальные модели	256
13.2. Квазилинейные уравнения	
Обратные и дробные функции. Логарифмическая функция. Степенные функции. Показательные и экспоненциальные функции. Суперпозиции показательных функций. Производственные функции.	258
13.3. Логистическая регрессия	
Однофакторные логисты. Многофакторные логисты.	264
13.4. Существенно нелинейные функции	
Функции со смещением. Функция Гомперца – Мейкема. Использование функций распределения. Пробит-анализ.	266

ГЛАВА 14. Математическое моделирование биологических зависимостей	273
14.1. «Биологические кривые» и их аналитическое описание	
Кривые неограниченного роста. Кривые «с ограничением». Сигмоидные кривые. Унимодальные кривые.	273
14.2. Графические методы оценки параметров	
Спадающая экспонента. Экспоненциальные логисты. Оценка параметров для унимодальной функции.	280
14.3. Аналитические методы расчета параметров существенно нелинейных функций	
Понятие об итерационных процедурах. Метод трех сумм для показательной функции. Метод трех сумм для функции Гомперца. Метод трех сумм для логисты. Метод трех точек для логисты. Метод трех точек для степенной функции. Метод трех точек для унимодальной функции.	288
14.4. Конструирование многофакторных нелинейных регрессионных моделей	
Алгоритм построения моделей. Пример построения модели.	295
14.5. Закон реагирования биосистем	304
ГЛАВА 15. Планирование экспериментов: методические и математические аспекты	307
15.1. Общие методические требования к планированию медико-биологических исследований	
Требования к организации экспериментальных исследований. Требования к организации эпидемиологических (натурных) исследований. Планирование клинических исследований. Доказательная медицина.	308
15.2. Оценка причинно-следственных отношений	
Наличие статистической связи. Соответствие существующей научной парадигме. Соответствие аналогичным исследованиям. Взаимно – однозначное соответствие. Обратимость. Комплексность и выраженность причин. Специфичность. Воспроизводимость. Экспериментальное подтверждение. Временная упорядоченность. Объяснимость механизмов. Наличие логичных зависимостей «воздействие – время – эффект». Комплексность критериев.	315
15.3. Основные положения математического планирования	
Преимущества математического планирования. Повторность опытов. Создание однородных условий. Рандомизация. План эксперимента	319
15.4. Обработка результатов полного факторного эксперимента	
Полный факторный план для двух факторов. Полный факторный план для трех и более факторов. Значения коэффициентов. Оценка вариабельности и достоверности.	324
15.5. Дробный факторный эксперимент	
Генерирующее соглашение.	328
15.6. Латинские и греко-латинские квадраты	
Латинские квадраты. Оценка достоверности действия факторов. Фиктивные уровни. Греко-латинские квадраты.	329
ГЛАВА 16. Дискретное моделирование	335
16.1. Вероятностный подход в диагностике	
Байесовские оценки. Условная вероятность. Формула Байеса для независимых симптомов. Пример использования формулы Байеса. Формула Байеса для зависимых признаков. Использование формулы Байеса для альтернативных диагнозов.	335
16.2. Последовательный анализ Вальда	
Суть последовательного анализа. Последовательный анализ при сравнении средних. Применение последовательного анализа в диагностике. Диагностические коэффициенты.	344

16.3. Информационный анализ

Мера информации Кульбака. Использование информационных оценок в диагностике. Вычисление меры информативности в случае принятия гипотезы нормальности распределения. «Недиагностическое» использование информационных оценок.

351

16.4. Оценка направленности совместного действия факторов

Состояние проблемы. Терминология. Выбор «базиса» для сравнения. Выбор функции. Вероятностные аспекты при выборе критерия. Выбор математического аппарата. Выбор способа расчета коэффициентов. Верификация результатов. Оценка биоэффектов. Исследование зависимостей. Алгоритм обработки результатов исследования.

356

16.5. Расчет совместного действия бинарных переменных

Постановка задачи. Использование формулы совместного действия независимых событий. Использование условной вероятности. Возможность учета взаимозависимости факторов. Конструирование искомой формулы.

365

ГЛАВА 17. Математические методы в эпидемиологических исследованиях

372

17.1. Основные понятия и характеристики

Когортное исследование: Исследование «случай-контроль»: Контрольная группа: Синтетический контроль. Частота заболеваемости. Чувствительность и специфичность. Отношение правдоподобия. Диагностические критерии. ROC – кривые. Стратификация. Стандартизация.

372

17.2. Риски

Атрибутивный риск. Относительный риск. Коэффициент относительного риска. Отношение шансов. Доверительный интервал для рисков. Этиологическая доля. Объединение рисков. Риски при многофакторном воздействии. Использование логлинейных моделей.

385

17.3. Риски в системе «среда – здоровье»

Канцерогенный риск. Неканцерогенный риск. Классификация уровней риска.

395

17.4. Моделирование и оценка выживаемости

Регрессия Кокса. Метод Каплана – Мейера. Логранговый критерий. Критерий Гехана. Популяционные оценки выживаемости (*DALY*, *QALY*).

398

17.5. Обработка динамических рядов

Основные характеристики. Сплайны. Выравнивание графиков скользящими средними. Взвешенные скользящие средние. Восполнение пропущенных значений. Сравнение динамических рядов. Автокорреляция. Кросс-корреляция. Использование корреляции для динамических рядов.

405

ГЛАВА 18. Многомерная статистика

418

18.1. Расстояния в многомерном пространстве

Понятия расстояния и близости. Метрики для количественных переменных. Метрики для качественных переменных. «Универсальные» метрики. Многомерное шкалирование

418

18.2. Описательная статистика многомерных объектов

Анализ выбросов. Сравнение средних.

433

ГЛАВА 19. Классификация многомерных наблюдений

436

19.1. Основные положения кластерного анализа

Понятие кластера. Типы задач. Представление исходных данных. Методы кластеризации. Расстояния. Критерии. Поливариантность результатов. Расстояния между кластерами. Критерии кластеризации с использованием расстояний.

436

19.2. Алгоритмы объединения объектов

Сферические кластеры с одинаковым радиусом. Фиксированное количество сферических кластеров. Проверка результата на устойчивость. Алгоритм динамических сгущений при заданном числе классов. Алгоритм Мак-Кина (метод «к средних»). Метод одиночной связи.

446

19.3. Алгоритмы разделения на кластеры	
Последовательная дихотомизация. Кратчайший незамкнутый путь. Алгоритм «КРАБ». Использование плотностей распределения.	452
19.4. Дискриминантный анализ	
Связь с другими дисциплинами. Байесовская процедура классификации. Классификационные функции. Условие классификации. Классификация при числе классов, больших двух. Пошаговый дискриминантный анализ.	456
ГЛАВА 20. Выявление зависимостей в многомерном пространстве	468
20.1. Метод главных компонент	
Суть метода. Геометрическая интерпретация. Процедура расчета коэффициентов. Собственные числа и собственные вектора. Вклад компонент в общую вариабельность. Выражение исходных переменных через главные компоненты. Взаимосвязь исходных переменных и главных компонент. Использование главных компонент в регрессионном анализе.	470
20.2. Факторный анализ	
Основные положения. Общности и специфичности. Оценка общности. Методы расчета факторных нагрузок. Определение количества общих факторов. Трактовка факторов. Вращение факторов. Оценка значений факторов	480
ГЛАВА 21 Многомерный анализ неколичественных данных. Интеллектуальные методы	496
21.1. Анализ многомерных таблиц сопряженности	
Введение в анализ соответствий (АС). Двумерный вариант АС. Карты соответствий. Качество редукции. Многомерный анализ соответствий. Логлинейный анализ.	496
21.2. Интеллектуальные методы обработки многомерных данных	
Разведочный анализ. Понятие о <i>Data mining</i> . Типы закономерностей. Нейросетевое моделирование. Генетические алгоритмы. Дерево решений (классификаций). Метод многофакторного снижения размерности (<i>MDR</i>). Анализ патентных структур.	513
ГЛАВА 22. Практические вопросы использования методов математической обработки	525
22.1. Зависимость методов от задачи исследования	
Планирование исследования. Математическое описание объекта исследования. Группировка и классификация. Формирование комплексных показателей. Анализ информативности. Сравнение. Выявление связи между переменными. Выявление влияния внешних переменных. Оценка вклада факторов. Расчет долевого вклада. Динамические зависимости. Расчет прогноза. Описание и анализ направленности эффектов совместного действия факторов.	526
22.2. Зависимость методов от типов данных и других детерминант	
Различные шкалы переменных. Сочетания различных шкал. Зависимость от времени. Детерминанты размерности. Маршрутизатор	530
22.3. Типичные ошибки в практическом использовании математических методов.	
Возможные ошибки представления. Некорректности использования математического аппарата. Методические ошибки в использовании математики. Погрешности в визуализации результатов исследования.	536
22.4 Рекомендации по представлению результатов математической обработки данных в научных работах.	544
ПРИЛОЖЕНИЯ	548
УКАЗАТЕЛЬ СОБСТВЕННЫХ ИМЕН	569
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	570
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	576

Целесообразность использования математики в медико-биологических исследованиях (введение)

Любое научное исследование эквивалентно получению новой информации. При этом научный процесс – не обязательно выполнение научной работы в НИИ или на кафедре ВУЗа. Этот процесс сопровождает любую творческую (аналитическую) работу, в том числе и в практическом здравоохранении. Достижение конечного результата (постановка диагноза, эффективность лечения) может прямо зависеть от глубины научной проработки.

Одним из инструментов, позволяющим повысить эффективность научного процесса, является использование математики. Ее применение способствует расширению интеллектуальных возможностей любого специалиста – как теоретика, так и практика. При анализе результатов (экспериментальных, клинических, эпидемиологических) математика позволяет наглядно представить данные, «выдавить из них воду», выявить скрытые закономерности, подтвердить или опровергнуть то, что составляло исходную гипотезу исследования.

Естественно, для полноценного использования математики необходимо освоить определенный массив алгоритмов, приобрести некоторую практику в решении стандартных задач, ознакомиться с возможностями прикладной математики, понять основные определения и формулы и хотя бы представлять себе, какими математическими методами может быть решена та или иная практическая задача.

Существует некоторое, мягко говоря, настороженное отношение представителей гуманитарных профессий к математическим выкладкам, формулам и даже просто к математическим символам. Все, что непонятно, вызывает с одной стороны естественный страх, с другой – почтение и уважение. Однако надо четко понимать, что математический язык – это просто другой, но именно язык, который освоить намного легче, чем любой разговорный из-за его формализации. К тому же это освоение позволяет добиться многих преимуществ психологического, социального, карьерного и научного плана.

1. Во-первых, использование математических выкладок в любой печатной продукции (статьях, отчетах, презентациях и т. д.) в настоящее время – это хороший тон, и наоборот, их отсутствие – тон плохой.

2. Во-вторых, без знания математики часто трудно понять логику чужого исследования, изложенного в печатных изданиях. Невозможно оценить истинность сделанных автором выводов и заключений. Или даже просто читать публикации и книги (если в них

встречаются математические выкладки) с пониманием, а не пропускать эту «китайскую грамоту».

3. В-третьих (и это уже всерьез), любая математическая запись, как правило, возможна только тогда, когда происходит формализация исследуемого явления, а формализация возможна тогда, когда явление самим исследователем понято. Математическая запись эквивалентна констатации понимания явления, а ее отсутствие ставит такое утверждение под сомнение. Естественно, в данном случае речь идет о корректном использовании математики.

4. Четвертый аргумент заключается в следующем. В настоящее время существует и может быть без труда использовано множество прикладных статистических программ для компьютеров. Работа с ними предполагает хотя бы элементарное знание математической терминологии, определений, обозначений и ограничений применения. Использовать только простейшие варианты работы этих пакетов именно потому, что остальные просто непонятны, столь же глупо, как включать телевизор для освещения комнаты только потому, что не ясна инструкция по его использованию.

5. В-пятых, обращение к математическому языку позволяет автоматически подключать целый арсенал прикладных методов и алгоритмов. Затронув любую область математики, исследователь вытягивает, помимо решения прямой задачи, целую цепочку дополнительных знаний. Исследуя причинно-следственные закономерности и воспользовавшись, например, корреляционным анализом, исследователь может не только получить аргументы в пользу своей гипотезы, но и осознать вид этих закономерностей, установить информативность регистрируемых показателей, их связанность, понять их иерархичность и т. п. Происходит как бы резонансный ответ смежных математических приемов в ответ на одну затронутую струну.

Ну, как Вам эти аргументы? Наверно, если Вы уже взяли эту книгу в руки, то внутренне готовы их принять. А если так, то вперед! Присоединяйтесь к тем, кто уже прочитал или хотя бы частично ознакомился с этим трудом в его первом издании и получил от него пользу. По крайней мере, на это хотелось бы надеяться...

Но вначале несколько слов для установления контакта. В монографии автор попытался обобщить и внятно изложить свой более чем 40-летний опыт обработки и анализа данных, полученных медиками, биологами и экологами. Этот труд был всегда совместным, приятным и взаимно полезным. Исходя из этого опыта, автор постарался излагать материал достаточно просто, в разговорном стиле, часто пренебрегая строгостью и формализацией математиче-

ского описания (но не в ущерб корректности и точности). Автор надеется и на дальнейшее взаимодействие с умными и ищущими коллегами, которые могут всегда рассчитывать на его консультации и помощь. В свою очередь автор очень рассчитывает на замечания и критику своего труда и предложения по его улучшению.

Чтобы контакт был реальным, вот вам мой адрес: antomonov@gmail.com

По сравнению с первым изданием монография претерпела некоторые изменения. Исправлены ошибки, некорректности, опечатки. Добавлены главы о логике научного исследования, современных методах обработки и анализа данных, практические аспекты использования математических методов. Изменено наполнение некоторых глав. Добавлены примеры. Остается надеяться, что эти изменения пошли на пользу книге и сделали ее более понятной. Так ли это, решать вам.

Существенное замечание. Для того чтобы это пособие было более простым для восприятия, автор принципиально отказался от нумерации формул (как это принято в математической литературе) и ссылок на использованные литературные источники. Дело в том, что в процессе работы (и непосредственной – научной, и при подготовке пособия) этих источников было переработано буквально сотни. Ссылки на них намного утяжелили бы изложение и восприятие материала. Автор понимает уязвимость такой позиции и некорректность ее в научном и этическом плане. Но просит отнестись к ней со снисхождением, поскольку в книге абсолютно отсутствуют заимствования из других работ, все «чужие» формулировки пропущены через собственный опыт и собственное восприятие и изложены в авторской трактовке. Для тех читателей, которые кроме запросов в Гугле захотят ознакомиться с другими пособиями по математической статистике и смежным вопросам, в конце книги представлен перечень наиболее полезных, на взгляд автора, литературных источников. На год издания не орачайте внимания – это классика, которая не стареет.

И последнее, слова благодарности. Чаще всего этот абзац никем не читается, но и не написать об этом нельзя. Я глубоко и искренне благодарен всем, кто помогал созданию этой книги: коллегам, которые своими вопросами определили ее написание; дирекции института, создавшей творческую обстановку, способствующую работе; сотрудникам коллектива, сочувствовавшим и помогавшим ее написанию; читателям первого издания, которые своими замечаниями и пожеланиями помогли ее исправлению и улучшению.