

Министерство образования и науки Российской Федерации
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е.В. РАБИНОВИЧ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2009

УДК 621.391.26(075.8)
Р 125

Рецензенты: д-р техн. наук, ст. науч. сотр. *С.Б. Данилевич*,
канд. техн. наук, доц. *Г.И. Титов*

Работа подготовлена на кафедре вычислительной техники
для студентов, обучающихся по специальности 230105

Рабинович Е.В.

Р 125 Методы и средства обработки сигналов : учеб. пособие /
Е.В. Рабинович. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. – 144 с.

ISBN 978-5-7782-1273-2

Учебное пособие посвящено изложению основных теоретических и прикладных вопросов, связанных с методами и средствами обработки сигналов; содержит большое количество поясняющих примеров и иллюстраций.

Подготовлено на основе Государственного образовательного стандарта по направлению 230100 (552800) – «Информатика и вычислительная техника» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 230105 – «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем». Может быть полезно студентам других родственных специальностей, а также для переподготовки и повышения квалификации специалистов.

УДК 621.391.26(075.8)

ISBN 978-5-7782-1273-2

© Рабинович Е.В., 2009
© Новосибирский государственный
технический университет, 2009

Оглавление

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ СИГНАЛОВ	3
1.1. Общие сведения и понятия.....	3
1.2. Типы сигналов	8
1.3. Преобразования типа сигналов.....	13
1.3.1. Дискретизация сигналов.....	13
1.3.2. Воспроизведение сигналов.....	14
1.3.3. Квантование сигналов.....	16
1.3.4. Децимация сигналов	17
1.3.5. Цифроаналоговое преобразование сигналов.....	18
1.4. Модели сигналов.....	18
1.4.1. Детерминированные сигналы	19
1.4.2. Классификация случайных сигналов	22
2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ОШИБОК	23
2.1. Статистические характеристики ошибок.....	23
2.2. Линейное преобразование ошибок.....	25
2.2.1. Линейное преобразование ошибок скалярных величин.....	25
2.2.2. Линейное преобразование ошибок векторных величин.....	26
2.3. Перенос ошибки. Прямая задача теории ошибок	27
2.4. Обратная задача теории ошибок.....	32

3. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ	34
3.1. Линейная оценка параметра.....	35
3.1.1. Независимые и равноточные наблюдения.....	36
3.1.2. Независимые и неравноточные наблюдения.....	37
3.2. Дисперсия ошибок линейных оценок	38
3.2.1. Независимые и равноточные наблюдения.....	38
3.2.2. Независимые и неравноточные наблюдения.....	39
3.3. Оценка дисперсии единицы веса по данным наблюдений.....	40
3.4. Выбор весов.....	42
4. МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ	43
4.1. Применение МНК к линейным функциям.....	44
4.2. Ковариационная матрица ошибок неизвестных.....	45
4.3. Вычисление ошибок неизвестных.....	48
4.4. Приведение уравнений МНК с неравноточными наблюдениями к равноточным	51
5. ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ОЦЕНКИ.....	53
5.1. Понятие о распределении ошибок. Вероятность	53
5.1.1. Свойства функции распределения.....	53
5.2. Основные законы распределения	55
5.2.1. Равномерное распределение	55
5.2.2. Нормальное распределение. Правило «трех сигм».....	55
5.2.3. Распределение Стьюдента. Интервальное оценивание в случае малой выборки	58
5.2.4. Распределение Пирсона. Интервальная оценка дисперсии.....	59
6. ПРОВЕРКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ГИПОТЕЗ.....	61
6.1. Постановка задачи.....	61
6.2. Сравнение центров распределения нормальных генеральных совокупностей.....	62

6.3. Проверка гипотез о законе распределения. Критерий согласия χ^2	63
6.4. Проверка гипотезы о равенстве дисперсий двух нормальных генеральных совокупностей	64
6.5. Интервальная оценка дисперсии	65
7. АППРОКСИМАЦИЯ СИГНАЛОВ	66
7.1. Приближение сигналов рядами Тейлора	67
7.2. Интерполяция и экстраполяция сигналов	68
7.3. Интерполирование с помощью полиномов Чебышева	70
7.4. Сплайновая интерполяция сигналов	71
7.5. Спектральный метод интерполяции сигналов	72
7.6. Интерполяционный ряд Котельникова–Шеннона	75
7.7. Методика аппроксимации эмпирических данных	76
8. РЕГРЕССИЯ	80
8.1. Детерминированные и статистические зависимости	80
8.2. Корреляция и коэффициент корреляции	81
8.3. Уравнения регрессии	83
8.3.1. Линейная регрессия	83
8.3.2. Полиномиальная регрессия	87
8.3.3. Нелинейная регрессия	88
8.4. Сглаживание данных	89
8.5. Предсказание зависимостей	90
9. СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ	91
9.1. Общее понятие систем	91
9.2. Системы сбора и первичного преобразования сигналов	96
9.3. Аналоговые фильтры	97
9.3.1. Основные типы аналоговых фильтров	97
9.3.2. Фильтры Баттерворта, Чебышева и Бесселя	101

9.4. Аналого-цифровые преобразователи	104
9.5. Цифроаналоговые преобразователи	106
10. ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИГНАЛОВ.....	106
10.1. Нерекурсивные цифровые фильтры	106
10.2. Рекурсивные цифровые фильтры	108
10.3. Импульсная характеристика цифровой системы	110
10.4. Частотные характеристики цифровой системы	112
11. АНАЛИЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ.....	115
11.1. Сглаживающие фильтры и фильтры аппроксимации.....	115
11.2. Разностные операторы.....	120
11.3. Интегрирование данных	127
12. ОПТИМАЛЬНЫЕ ЛИНЕЙНЫЕ ФИЛЬТРЫ.....	128
12.1. Модели случайных процессов и шумов.....	129
12.2. Критерии построения оптимальных фильтров.....	130
12.3. Фильтр Колмогорова–Винера	132
12.4. Оптимальные фильтры сжатия сигналов.....	134
12.5. Фильтры прогнозирования.....	135
12.6. Фильтр обнаружения сигналов	135
Список литературы	138