

ОБЪЕКТЫ РАДИОЛОКАЦИИ

обнаружение и распознавание



**Под редакцией
докт. техн. наук, проф. А. В. Соколова**

Москва, «Радиотехника», 2007

УДК 621.396.96

С59

ББК 32.95

Библиотека журнала «Радиотехника»

Серия «Радиолокация»

А в т о р ы :

А.В. Соколов (предисловие и заключение); Б.А. Лазуткин (подразделы 1.1–1.5); В.А. Григорьев (1.6–1.10); Д.И. Попов (1.11–1.14); В.В. Родионов (1.15–1.18); Я.Д. Ширман, С.П. Лещенко, В.М. Орленко (2.1–2.5); Я.Д. Ширман, В.М. Орленко (2.6–2.11); И.П. Цивлин (3.1–3.3); А.М. Матвеев (3.4–3.7); Б.Г. Татарский (3.8–3.9); Г. Аганин, О.В. Васильев, В.Е. Макаев (3.10–3.11); Н.В. Кретов, Л.В. Федорова (4.1–4.7); Р.П. Быстров, В.Е. Кузмичев, А.В. Соколов (5.1–5.7); В.Ш. Берикашвили, Е.В. Василенко, Ю.Я. Мечерет, В.Г. Соколов (6.1–6.5).

С59 **Обнаружение и распознавание объектов радиолокации.** Коллективная монография / Под ред. *А. В. Соколова*. – М.: «Радиотехника», 2006. – 176 с., ил. (Серия «Радиолокация»).

ISBN 5-88070-096-8

В монографии изложены теоретические и экспериментальные результаты оптимальной, адаптивной и комбинированной обработки при приеме радиолокационных сигналов в условиях помех; экспериментальные данные о вторичном излучении воздушных объектов; проанализирована возможность решения задачи их распознавания путем математического моделирования; рассмотрены методы распознавания объектов и идентификации их изображений, а также предложены алгоритмы для распознавания объектов и идентификации этих изображений: показана применимость РСА с синтезированной апертурой сверхвысокого разрешения при обнаружении малозаметных наземных объектов; дана оценка эффективности применения шумоподобных сигналов с большой базой для их обнаружения и распознавания; представлены результаты функционирования бистатических цифровых низкочастотных видеолокаторов с оптической и радиосинхронизацией передачи и приема сигналов, а также результаты их испытаний при радиозондировании толщ морских льдов в Антарктиде и Северном Ледовитом океане.

Монография предназначена для научных работников, инженеров и преподавателей вузов, специализирующихся по проблеме обнаружения и распознавания воздушных и наземных объектов.

УДК 621.396.96

ББК 32.95

ISBN 5-88070-096-8

© «Радиотехника», 2007

© Авторы, 2007

Оглавление

Предисловие	6
Глава 1. Методы оптимальной обработки радиолокационных сигналов	9
1.1. Выделение сигналов на фоне помех и математическая постановка задачи исследования	9
1.2. Обнаружение цели с известными координатами	14
1.3. Обнаружение цели и определение ее угловых координат	20
1.4. Обнаружение цели и измерение скорости ее сближения с РЛС	25
1.5. Потенциальные возможности оптимальных антенно-приемных трактов РЛС, соответствующих алгоритмам (1.39) и (1.43)	27
1.6. Принципы комбинированного выделения сигналов и их взаимозависимая обработка	32
1.7. Определение весовых коэффициентов с применением принципов оптимальности, ортогональности и корректирующих матриц	34
1.8. Определение весовых коэффициентов с применением принципов ортогональности и корректирующих множителей	36
1.9. Пример реализации принципов комбинированной обработки сигналов	37
1.10. Адаптация систем квазиоптимальной обработки сигналов на фоне пассивных помех.....	41
1.11. Пачка когерентных импульсов при наличии помех	41
1.12. Критерий оптимизации обработки сигнала	43
1.13. Оптимизация структуры и параметров системы	45
1.14. Структурная схема адаптивной квазиоптимальной обработки	47
1.15. Помехоустойчивость РЛС и ее защита от радиоэлектронного подавления	48
1.16. Аналитическое решение задачи защиты РЛС от помех	50
1.17. Отношение сигнал/шум при нефлуктуирующей пачке импульсов	55
1.18. Отношение сигнал/шум при независимых флуктуациях импульсов в пачке	56
Глава 2. Моделирование вторичного излучения воздушных целей и его использование в технике радиолокационного распознавания	59
2.1. Неподвижная воздушная цель в сантиметровом и дециметровом диапазонах волн	59
2.2. Регулярные движения вторичных излучателей и их элементов	61
2.3. Сигналы с «синтезом спектра» как объекты моделирования	62
2.4. Случайные движения воздушных целей	62
2.5. Некоторые результаты моделирования распознавания воздушных целей	65

2.6. Тенденции высокого разрешения и технология получения дальностных портретов воздушных целей	70
2.7. Двух- и трехмерные изображения воздушных целей	72
2.8. Самолетные РЛС с синтезированной апертурой	75
2.9. Разработка широкополосных антенных решеток	79
2.10. Вывод функций рассогласования частотно-манипулированных сигналов со ступенчатым законом изменения частоты	80
2.11. Анализ функций рассогласования	83
Глава 3. Распознавание и идентификация объектов	86
3.1. Автоматическое распознавание радиолокационных изображений в бортовой РЛС и классификация объектов по критерию минимума расстояния	86
3.2. Процедура поиска и распознавания фрагментов радиолокационных изображений	89
3.3. Результаты полунатурного моделирования автоматического распознавания радиолокационных изображений	91
3.4. Распознавание радиолокационных изображений объектов земной поверхности на основе нейросетевой структуры	98
3.5. Алгоритм обучения нейросети с помощью процедуры обратного распространения	100
3.6. Структура сети Хэмминга при распознавании и ее инвариантность	101
3.7. Инвариантность алгоритма к ракурсу объекта и результаты распознавания изображений	104
3.8. Радиолокационное распознавание объектов, его структура и алгоритмы в условиях неопределенности	106
3.9. Распознавание воздушной цели класса «самолет с винтовым двигателем»	110
3.10. Алгоритм проверки гипотезы о наличии составляющей отраженного сигнала	111
3.11. Моделирование процесса обработки сигнала от самолета.....	115
Глава 4. Радиолокационное изображение цели при апертурном синтезе со сверхвысоким разрешением радиолокатора с синтезированной апертурой	117
4.1. Характеристики изображения цели в радиолокаторах с синтезированной апертурой	117
4.2. Модели представления сигнала и помех	118
4.3. Анализ сигнальной компоненты	119
4.4. Анализ шумовой компоненты	120
4.5. Радиолокационное изображение локальной движущейся цели	121
4.6. Разрешающая способность РСА по азимуту и скорости цели	123
4.7. Алгоритм обработки сигнала от движущейся цели	126

Глава 5. Радиолокационное обнаружение объектов шумоподобными сигналами с большой базой	128
5.1. Радиолокация малозаметных объектов сигналами с большой базой	128
5.2. Сравнение корреляционного и спектрального методов обработки шумовых сигналов	131
5.3. Помехоустойчивость шумовых РЛС	134
5.4. Характеристики обнаружения (распознавания) наземных объектов	140
5.5. Методика и алгоритмы распознавания объектов	143
5.6. Результаты исследований вероятности обнаружения и распознавания наземных объектов	148
5.7. Преимущества и недостатки радиолокации с шумовыми сигналами	151
Глава 6. Широкополосная моноимпульсная РЛС для зондирования ледников с цифровой обработкой сигнала и оптической синхронизацией	154
6.1. Радиолокационное зондирование ледников	154
6.2. Структурная схема моноимпульсного радиолокатора	159
6.3. Система цифровой регистрации и индикации	162
6.4. Навигационное оборудование и программное обеспечение зондирования	165
6.5. Примеры получения изображений нижней поверхности ледовых образований	166
Заключение	168
Литература	170