

Оглавление

Введение.....	3
1. Общие сведения о радиолокации.....	5
1.1. Принципы радиолокации.....	5
1.1.1. Определения.....	5
1.1.2. Принципы и физические основы радиолокации. Поляризация сигналов.....	10
1.1.3. Координаты целей, измеряемые РЛС.....	14
1.2. Краткий обзор истории и применения радиолокации... ..	20
1.3. Применения и виды радиолокации.....	22
1.4. Обобщенная структурная схема активной РЛС.....	25
1.5. Рандомизация обработки радиолокационных сигналов.....	27
1.5.1. Понятие о рандомизированной обработке.....	27
1.5.2. Примеры использования грубых отчетов сигналов и их рандомизации по методу Монте-Карло.....	28
2. Вторичное излучение целей и эффективная площадь рассеяния.....	35
2.1. Основные понятия и определения.....	35
2.2. ЭПР целей, размеры которых значительно меньше дли- ны волны (релеевская область).....	39
2.3. ЭПР целей, размеры которых одного порядка с длиной волны (резонансная область).....	40
2.4. ЭПР сложных целей, больших по сравнению с длиной волны (высокочастотная область).....	42
2.4.1. Физические причины флуктуаций ЭПР.....	42
2.4.2. Модели флуктуаций амплитуды эхо-сигналов и ЭПР.....	43
2.4.3. Модель релеевских флуктуаций амплитуды.....	45
2.4.4. Диаграмма вторичного излучения (рассеяния) сложной цели.....	48
2.4.5. Корреляция флуктуаций амплитуд эхо-сигналов и ЭПР.....	48
3. Параметры, характеристики и критерии эффектив- ности РЛС.....	51
3.1. Тактические и технические характеристики РЛС.....	51
3.1.1. Дальность действия и зона действия РЛС.....	53

3.1.2. Характеристики обнаружения.....	55
3.1.3. Чувствительность приемника РЛС.....	56
3.1.4. Основное уравнение радиолокации.....	57
3.1.5. Уравнение радиолокации для импульсного радара.....	58
3.1.6. Точность и разрешающая способность РЛС.....	59
3.2. Поиск целей.....	70
3.2.1. Методы устранения координатной и доплеровской неопределенности.....	70
3.2.2. Дискретизация пространства.....	74
3.3. Общие рекомендации по выбору основных ТТХ РЛС..	77
3.3.1. Выбор диапазона.....	77
3.3.2. Выбор составляющих энергопотенциала РЛС.....	79
3.3.3. Выбор типа сигнала.....	80
3.3.4. Выбор чувствительности и полосы пропускания радиоприемного устройства.....	80
3.3.5. Выбор типа выходного устройства.....	81
3.4. Классификация критериев эффективности.....	81
3.4.1. Информационные критерии.....	82
3.4.2. Мощностные (энергетические) критерии.....	84
3.4.3. Точностные критерии.....	86
3.4.4. Вероятностные критерии.....	86
3.4.5. Оперативно-тактические критерии.....	86
3.4.6. Экономические критерии.....	86
3.4.7. Взаимосвязь критериев эффективности.....	87
4. Основы теории обнаружения сигналов.....	88
4.1. Постановка задачи обнаружения и условия ее решения.....	88
4.1.1. Уточнение понятий.....	88
4.1.2. Теория обнаружения.....	89
4.1.3. Некоторые сведения из истории.....	90
4.2. Возможные решения и критерии качества обнаружения.....	93
4.2.1. Комбинации индикаторных переменных (ситуации).....	93
4.2.2. Понятие среднего риска.....	94
4.2.3. Адаптивный обзор.....	95
4.2.4. Понятие оптимального обнаружителя.....	96
4.2.5. Оптимальный последовательный обнаружитель ..	99
4.3. Модели сигнала и шума.....	101
4.3.1. Модели сигнала.....	101
4.3.2. Модель шума.....	102

4.4. Общий подход к задаче обнаружения сигнала (структура оптимальных обнаружителей)	103
4.4.1. Вероятность ложных тревог и вероятность правильного обнаружения	103
4.4.2. Отношение правдоподобия	104
4.4.3. Оптимальный приемник	105
4.5. Оптимальное обнаружение детерминированных сигналов	106
4.5.1. Функционал отношения правдоподобия	106
4.5.2. Достаточные статистики. Физический смысл корреляционного интеграла	108
4.5.3. Анализ качества оптимального обнаружителя	109
4.5.4. Комплексная форма функционала правдоподобия и оптимального алгоритма	113
4.5.5. Алгоритмы обнаружения в частотной области	114
4.6. Оптимальное обнаружение квазидетерминированных сигналов	115
4.6.1. Детерминированные сигналы	115
4.6.2. Обнаружение сигналов со случайными неинформативными параметрами	116
4.6.3. Оптимальные алгоритмы обнаружения сигналов со случайной начальной фазой	117
4.6.4. Оптимальные алгоритмы обнаружения сигналов со случайными начальной фазой и эффективным значением	119
4.6.5. Показатели качества синтезированного оптимального обнаружителя сигналов со случайной начальной фазой	121
4.6.6. Распределение вероятностей суммы сигнала и шума. Вероятность правильного обнаружения	123
4.6.7. Показатели качества синтезированного оптимального обнаружителя сигналов со случайной фазой и эффективным значением	125
4.7. Согласованная фильтрация — основная операция оптимального обнаружения сигнала на фоне белого шума при неизвестной дальности цели	130
4.7.1. Многоканальный коррелятор для вычисления корреляционных интегралов при неизвестной дальности цели	130
4.7.2. Согласованный фильтр. Частотная характеристика	130

4.7.3. Согласованный фильтр. Импульсная характеристика	133
4.7.4. Отношение сигнал/шум на выходе согласованного фильтра	134
4.7.5. Форма сигнала на выходе согласованного фильтра	135
4.8. Обобщение задачи оптимального обнаружения для случая рандомизации условий радиоприема	136
4.8.1. Рандомизация параметров сигналов	136
4.8.2. Рандомизация условий радиоприема	137
4.9. Основные выводы по разделу 4	138
5. Основные положения теории цифровой стохастической обработки радиолокационных сигналов при использовании «грубых статистик»	141
5.1. Теория пространственно-временного обнаружения радиолокационных сигналов, учитывающая эффекты дискретизации и квантования	142
5.1.1. Обнаружение цели на фоне шума и помех	142
5.1.2. Базовая теория обнаружения, учитывающая эффекты дискретизации и квантования сигналов	144
5.1.3. Использование различий сигналов и помех	148
5.2. Расширение границ применимости теории пространственно-временного обнаружения сигналов в условиях искусственной рандомизации грубых отсчетов	150
5.2.1. Определение понятия «грубые статистики»	150
5.2.2. Формулировка основного принципа линеаризации грубых статистик	152
5.2.3. Использование метода Монте-Карло	153
5.2.4. Формулировка нового подкласса задач теории обнаружения	155
5.3. Стохастические решающие правила и использование грубой непараметрической статистики	157
5.3.1. Стохастические критерии обнаружения сигналов ..	157
5.3.2. Рандомизация критерия обнаружения в импульсных РЛС	162
5.3.3. Робастное непараметрическое обнаружение сигналов на основе обобщенно-весагового критерия	164
5.3.4. Робастные непараметрические обнаружители сигналов с рандомизацией критерия обнаружения ...	168
5.4. Выводы по разделу 5	172

6. Оптимальные методы измерения параметров сигнала	173
6.1. Формулировка задачи оценки параметров сигнала	173
6.2. Точечные оценки параметров сигнала и их свойства ...	179
6.3. Эффективные оценки	183
6.4. Основные положения теории статистических оценок ...	189
6.5. Некоторые обобщения, относящиеся к оптимизации оценок	192
6.6. Квантование распределений	196
6.6.1. Аналого-цифровое преобразование сигналов как процесс стохастического оценивания и квантования распределений. Поправки Шеппарда	196
6.6.2. Способы квантования сигнала по уровню	196
6.6.3. Квантование сигналов по уровню как процесс квантования распределений	197
6.6.4. Аналого-цифровое преобразование как процесс стохастического оценивания	198
7. Методы измерения координат, радиальной скорости цели и промаха	204
7.1. Радиодальнометрия: методы измерения дальности	207
7.1.1. Импульсный метод измерения дальности	207
7.1.2. Фазовый метод измерения дальности	216
7.1.3. Частотный метод измерения дальности	220
7.1.4. Ошибки измерения дальности	224
7.1.5. Следящие измерители дальности	226
7.1.6. Потенциальная точность измерения дальности ...	228
7.2. Углометрия: методы измерения угловых координат ...	230
7.2.1. Использование амплитудной модуляции при определении направления	230
7.2.2. Использование фазовой модуляции при определении направления	232
7.2.3. Многоканальные пеленгаторы: моноимпульсный с суммарно-разностной обработкой и многобазовый	233
7.2.4. Пеленгация методом анализа огибающих сигналов. Следящие измерители направления	245
7.2.5. Потенциальная точность измерения угловых координат, ошибки измерения	249
7.3. Измерение радиальной скорости	251
7.3.1. Эффект Доплера	251
7.3.2. Доплеровский частотомер	256

7.3.3. Потенциальная точность измерений скорости и ошибки измерений	260
7.4. Измерение промаха	261
7.4.1. Постановка задачи	261
7.4.2. Описание метода и оценка его эффективности	264
7.4.3. Сравнение с методом наименьших квадратов	267
8. Системы селекции движущихся целей	270
8.1. Общие вопросы построения систем СДЦ	270
8.1.1. Структурная схема системы СДЦ	271
8.1.2. Ограничения предельных возможностей	274
8.2. Цифровые системы СДЦ	278
8.2.1. Цифровая фильтрация	279
8.2.2. Дискретное преобразование Фурье	284
8.3. Анализ и синтез систем СДЦ	286
8.3.1. Метод приведения небелого шума к белому	286
8.3.2. Системы СДЦ на основе нерекурсивных цифровых фильтров	288
8.3.3. Системы СДЦ на основе рекурсивных цифровых фильтров	292
8.3.4. Системы СДЦ на основе многоканальных доплеровских фильтров	293
8.3.5. Адаптивные системы СДЦ	297
8.4. Особенности цифровой фильтрации сигналов по направлению с использованием понятия пространственных частот	302
8.4.1. Использование понятия пространственных частот	302
8.4.2. Технология DRFM-S и измерение пеленга	304
8.4.3. Нарращивание апертуры окна пространственных выборок	308
8.4.4. Некоторые обобщения	309
8.4.5. Выявление особенностей построения процессора ПВ обработки сигналов, измеряющего частоту и направление приема сигналов, с использованием технологии DRFM-S	310
8.4.6. Измерение пеленга	311
8.4.7. Выбор разрядности АЦП	313
8.4.8. Реализация антенных устройств	314
8.4.9. Обобщение	314
9. Принцип неопределенности в радиолокации	316

9.1. Тела неопределенности при использовании сигналов большой длительности	316
9.1.1. Оптимальная обработка когерентных сигналов большой длительности	318
9.1.2. Двумерная автокорреляционная функция сигнала	323
9.1.3. Влияние вида двумерной автокорреляционной функции на обнаружение, измерение параметров и разрешение сигналов	328
9.1.4. Тела неопределенности радиоимпульсов без внутриимпульсной модуляции	332
9.1.5. Тела неопределенности радиоимпульсов с линейной частотной модуляцией. Приложение к спектральному анализу	335
9.1.6. Тела неопределенности когерентных пачек радиоимпульсов	339
9.2. Радиолокация при использовании шумоподобных стохастических сигналов	342
9.2.1. Рельеф тела неопределенности шумоподобного сигнала	342
9.2.2. Обработка импульсных непрерывных и длинноимпульсных сигналов	344
9.2.3. Обработка шумоподобных сигналов в режиме слежения	348
9.3. Устранение эффектов дискретизации и квантования в РЛС с ФАР	350
9.3.1. Построение цифровых режекторных фильтров и компенсаторов помех по частоте и направлению	351
9.3.2. Разрядность весовых коэффициентов цифровых фильтров	355
9.3.3. Критерии качества	355
9.3.4. Учет квантования ВК	356
9.3.5. Изменение условий квантования ВК при увеличении порядка ЦРФ	357
9.3.6. Квазилинейные обрабатывающие тракты в ФАР с ПВ обработкой сигналов	357
9.3.7. Формирование знаковой статистики	358
9.3.8. Моделирование амплитудного джиттера	359
9.3.9. Уровень боковых лепестков	360
Заключение	362
Список сокращений	363
Литература	366