

Оглавление

Введение	3
Тема 1. Варьирование неинформативных параметров и рандомизация приема, обработки и формирования сигналов в традиционной радиолокации — инструмент СШП-радиолокации высокого разрешения.....	7
1.1. Примеры применения варьирования параметров и рандомизации приема, разрешения, обработки и формирования сигналов в РЛС.....	7
1.1.1. Рандомизированная обработка и формирование сигналов.....	7
1.1.2. Повышение амплитудного разрешения в цифровых сигнальных процессорах	9
1.1.3. Вобуляция частоты повторения зондирующих импульсов в когерентно-импульсных РЛС	9
1.1.4. Быстрая перестройка несущей частоты	10
1.2. Стохастическая радиолокация: условия решения задач обнаружения, разрешения, оценивания и фильтрации сигналов в РЛС	11
1.2.1. Исходные понятия: хаотизация, грубые отсчеты, грубые статистики, рандомизация, пространственные частоты, пространственно-временные выборки.....	11
1.2.2. Введение в теорию стохастической радиолокации.	14
1.2.3. Теория цифровой стохастической обработки радиолокационных сигналов.	15
1.2.4. Условия решения задач обнаружения, разрешения, оценивания и фильтрации сигналов.....	17
1.2.5. Стохастическая линеаризация обрабатываемого тракта.	19

1.3. Повышение эффективности обработки и формирования сигналов в РЛС с СДЦ методами хаотизации параметров сигналов	23
1.3.1. Введение и постановка задачи	23
1.3.2. Стохастическая интерполяция дальности	24
1.3.3. Стохастическое обнаружение	25
1.3.4. Стохастическая цифровая фильтрация	26
1.3.5. Стохастическая дискретизация времени и пространства	26
1.3.6. Многочастотная и шумовая радиолокация	27
1.3.7. Формирование радиолокационного изображения	27
1.3.8. Результаты моделирования	28
1.4. Резюме	29
Тема 2. Расширение пространственных и частотных спектров в радиолокационных окнах наблюдения методами хаотизации параметров сигналов	30
2.1. Энергопотенциал РЛС: использование пространственных и временных окон в условиях выполнения требований снижения заметности	30
2.1.1. Выбор сигнала	30
2.1.2. Потенциальные характеристики РЛС: учет шума	31
2.1.3. Спектральный анализ во временных и пространственных окнах	32
2.2. Расширение спектров обычных и пространственных частот: частотно-временные и пространственно-частотные ресурсы	35
2.2.1. Радиолокация с использованием шумовых и псевдошумовых сигналов	35
2.2.2. Потенциальные возможности шумовой и стохастической радиолокации	39
2.2.3. Понятие обобщенного энергопотенциала РЛС ..	40
2.3. Адаптация систем СДЦ: учет доплеровской неопределенности и неопределенности распределения спектральной плотности мощности сигнала	41
2.3.1. Проблема адаптации систем СДЦ	41

2.3.2. Системы СДЦ с адаптацией к спектру помех и учет спектрального распределения плотности мощности сигнала.....	43
2.4. Резюме.....	46
Тема 3. Принцип стохастического обеления пассивных коррелированных помех в задаче оптимизации РЛС с системой селекции движущихся целей.....	47
3.1. Компенсация пассивных коррелированных помех в когерентно-импульсных РЛС с СДЦ.....	48
3.1.1. Введение и постановка проблемы.....	48
3.1.2. Теоретическое обоснование традиционного подхода: метод приведения небелого шума к белому.....	50
3.1.3. Оптимизация системы: анализ коэффициента улучшения.....	50
3.1.4. Рассогласованная фильтрация: анализ корреляции выходного процесса.....	52
3.2. Стохастические обеляющие фильтры: новая трактовка метода приведения небелого шума к белому.....	53
3.2.1. Снятие ограничения детерминированности весовых коэффициентов.....	53
3.2.2. Стохастические системы СДЦ.....	55
3.2.3. Анализ эффективности стохастической системы со случайными параметрами.....	56
3.2.4. Результаты моделирования.....	59
3.2.5. Другие применения.....	60
3.3. Резюме.....	60
Тема 4. Снижение радиолокационной заметности объектов методами хаотизации параметров управляемого покрытия.....	61
4.1. Извлечение информации о пеленге.....	61
4.2. Применение принципа стохастического обеления.....	62
4.2.1. Модель отраженного сигнала.....	62
4.2.2. Случайные весовые коэффициенты.....	63
4.3. Резюме.....	64

Тема 5. Радиолокационные измерения ЭПР объектов со сложным профилем методом Монте-Карло при использовании сверх узких диаграмм направленности и хаотизации сканирования	65
5.1. Растровое сканирование и измерение ЭПР с использованием метода Монте-Карло	65
5.1.1. Метод растрового сканирования.	65
5.1.2. Использование метода Монте-Карло.	66
5.1.3. Помехозащищенность РЛС со стохастическим растровым сканированием.	68
5.2. Схемы с ускоренной сходимостью измерений.....	68
5.2.1. Зависимые измерения	68
5.2.2. Многоэтапные процедуры	68
5.3. Резюме	69
Тема 6. Синтез угломерных радиолокационных систем с хаотизацией фокусировки бинарных тристатических отсчетов поля по плоским волнам при формировании векторной многолучевой диаграммы направленности ФАР	71
6.1. Введение и постановка задачи	71
6.2. Построение стохастического пеленгатора с хаотизацией фокусировки бинарных тристатических отсчетов плоского поля	75
6.2.1. Формирование грубой статистики и синтезирование «узких» лучей.	75
6.2.2. Формирование «бинарно-знаковой» робастной статистики.	79
6.3. Анализ коэффициентов подавления и улучшения....	80
6.3.1. Коэффициенты подавления и передачи цели... ..	80
6.3.2. Коэффициент улучшения.	81
6.4. Пеленгатор всеракурсной доступности для мобильного объекта	82
6.4.1. Введение и постановки задачи.....	82
6.4.2. Информационное обеспечение в условиях ограничений	85
6.4.3. Учет аппаратных и ресурсных ограничений....	86
6.4.4. Обоснование принципа дискретизации времени и пространства: измерение частоты и пеленга	87

6.4.5. Квантование по уровню: робастная статистика, квазилинейные обрабатывающие тракты со стохастической пространственно-временной обработкой	90
6.4.6. Использование виртуальных стохастических окон и малобитовая пеленгация	92
6.4.7. Стохастические цифровые фильтры.	92
6.4.8. Хаотизация фазовых центров малоэлементных пространственно-временных выборок.	94
6.4.9. Выбор антенных элементов и их размещение на модуле пеленгатора	96
6.5. Резюме	98
Тема 7. Стохастические фазовращатели для приемопередающих модулей АФАР систем псевдошумовой радиолокации и радиовидения	100
7.1. Современная элементная база СВЧ-микрорэлектроники	100
7.1.1. Тенденции развития элементной базы СВЧ-микрорэлектроники.	100
7.1.2. Активные фазированные антенные решетки.	101
7.2. Аналитический обзор полупроводниковых фазовращателей	103
7.2.1. Требования к АФАР и фазовращателям.	103
7.2.2. Приемно-передающий модуль АФАР.	104
7.2.3. Классификация фазовращателей.	105
7.3. Выбор и обоснование схемы построения фазовращателя	109
7.3.1. Особенности технической реализации фазовращателя	109
7.3.2. Структурная схема фазовращателя.	110
7.3.3. Разработка принципиальной схемы фазовращателя	111
7.4. Цифровой стохастический фазовращатель	112
7.4.1. Функциональная схема цифрового фазовращателя	113
7.4.2. Повышение разрешающей способности.	114
7.5. Резюме	117

Тема 8. Разработка методов радиолокации и радиолографии высокого разрешения на основе многолучевых сверхширокополосных антенных решеток	118
8.1. Основы теории определения направления прихода сигнала в линейных антенных решетках	118
8.1.1. Вектор отклика антенной решетки.	119
8.1.2. Автоковариационная матрица сигнала.....	121
8.2. Традиционные методы определения направления прихода сигнала	121
8.2.1. Стандартный метод формирования ДНА.....	121
8.2.2. Метод наименьшей вариации Кейпона	125
8.3. Методы оценки угла прихода сигнала основанные на сверхразрешении	126
8.3.1. Алгоритм MUSIC.....	126
8.3.2. Алгоритм Root-MUSIC.	130
8.3.3. Оценивание числа источников излучения.	130
8.4. Реализация сверхширокополосных антенных устройств с обработкой сигналов.....	131
8.4.1. Использование 3D модели.....	131
8.4.2. Многодиапазонные и фрактальные антенны....	132
8.5. Резюме	135
Тема 9. Панорамная пеленгация источников электромагнитного излучения малоэлементными пассивными широкодиапазонными ФАР	136
9.1. Анализ известных решений: квантование времени и пространства	137
9.1.1. Аналоги и прототипы	137
9.1.2. Позиционирование направления на источник излучения в подвижной системе координат.....	140
9.2. Модель входных сигналов и шумов	144
9.2.1. Аддитивная модель сигнала, шумов и пассивных помех	144
9.2.2. Смещение распределений, многомерная модель, фазовые набег	145
9.3. Методика оптимизации пеленгатора	147
9.3.1. Функция и уравнение правдоподобия	147
9.3.2. Расчет приращений расстояний, фазовых задержек, связь с измеряемым пеленгом	147

9.3.3. Решение уравнения правдоподобия.....	148
9.3.4. Многобазовые измерения	150
9.4. Резюме	151
Тема 10. Стохастическая обработка сигналов в адаптивных измерительных системах с грубыми пространственно-временными статистиками: метод обращаемого спектрального анализа .	152
10.1. Предыстория.....	153
10.2. Анализ пространственных частот.....	156
10.2.1. Пространственно-временная обработка сигналов	156
10.2.2. Обобщение понятия обращаемого спектрального анализа.....	157
10.2.3. Морфология обращаемого спектрального анализа	158
10.3. Основные соотношения	159
10.3.1. Вычисление корреляционной функции и спектральной плотности мощности.....	159
10.3.2. Двойной спектральный и двойной корреляционный анализ	160
10.4. Обсуждение результатов.....	162
10.5. Резюме	164
Тема 11. Стохастическая модуляция параметров оконных весовых функций при цифровой обработке сигналов в радиолокации и радиосвязи	166
11.1. Введение и постановка задачи	166
11.2. Условия решения задач обнаружения, оценивания и фильтрации	168
11.3. Особенности рандомизированной обработки.....	172
11.4. Новый взгляд на понятия разрешение и широкополосность	173
11.5. Проблема реализации РЛС со сниженным уровнем вероятности вскрытия (перехвата).....	174
11.6. Еще раз о реализации сверхразрешения: методы построения широкополосных сигналов.....	176
11.7. Применение в технологии цифровой радиочастотной памяти	176
11.8. Стохастическая дискретизация времени и пространства	177

11.9. Устранение стробоскопических эффектов	177
11.10. Стохастическая пеленгация и адаптация управляемого покрытия.....	178
11.11. Резюме	179
Заключение	181
Список сокращений	184
Литература	186