ВОЗДУШНАЯ РАЗВЕДКА

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

РАДИОТЕХНИКА

ВОЗДУШНАЯ РАЗВЕДКА

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Монография

Под редакцией И.К. Антонова

Москва
Радиотехника
2021

УДК 721.336.967.15
ББК 32.95
А 72

DOI 10.18127/B9785931082073

Рецензенты:
Л.А. Школьный – доктор технических наук, профессор;
А.А. Лавров – доктор технических наук, профессор

Антонов И.К., Детков А.Н., Ницак Д.А., Тонких А.Н., Цветков О.Е.

А72 Воздушная разведка. Автоматизированное дешифрирование радиолокационных изображений. Монография / Под ред. И.К. Антонова. – М.: Радиотехника, 2021. 296 с.

ISBN 978-5-93108-207-3

Впервые дано систематическое изложение основ теории автоматизированного дешифрирования радиолокационных изображений в беспилотных авиационных комплексах воздушной разведки. Приведены сведения о фундаментальных закономерностях формирования и дешифрирования радиолокационных изображений в современных РЛС с синтезированной апертурой антенны. Показаны решения по автоматизированному обнаружению, распознаванию и классификации малоразмерных, групповых и распределённых целей.

Для научных работников и инженеров. Окажет неоценимую помощь преподавателям, аспирантам и студентам высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Радиотехника» и «Исследование природных ресурсов аэрокосмическими средствами».

УДК 721.336.967.15
ББК 32.95

БИБЛИОТЕКА
Научно-техническое
отделение ЗНБ ЮФУ
(г.Таганрог)

1542798

ISBN 978-5-93108-207-3

© Авторы, 2021
© ООО Издательство Радиотехника, 2021

Оглавление

Перечень сокращений 7
От авторов 9

Раздел 1 Теоретические основы дешифрирования радиолокационных изображений в беспилотных авиационных комплексах воздушной разведки

Глава 1
Физические основы и методы получения радиолокационных изображений
1.1. Характеристики радиолокационных целей 15
Общие закономерности рассеяния электромагнитных волн наземными объектами 15
Функция отражения целей 24
Характеристики отражения целей и фона в различных диапазонах электромагнитных волн 31
1.2. Методы радиовидения 40
РЛС радиовидения земной поверхности 40
1.3. Особенности получения радиолокационных изображений в РСА 52
Коррекции искажений радиоголограммы 52
1.4. Использование фазовых измерений при формировании радиолокационных изображений 62
Трехмерные радиолокационные изображения 62
Основные методы развертывания фазы 66
Фазовые радиолокационные портреты 67
1.5. Селекция движущихся целей 70

Глава 2

Радиолокационные изображения и их дешифрирование в беспилотных авиационных комплексах воздушной разведки

2.1. Психологические и физиологические основы визуального дешифрирования ... 75
2.2. Радиолокационные изображения местности и объектов ... 81
2.3. Дешифровочные признаки радиолокационных изображений местности и объектов ... 92
2.4. Методы дешифрирования радиолокационных изображений... 102
2.5. Организация процесса дешифрирования радиолокационных изображений ... 107

Глава 3

Радарграмметрическая обработка радиолокационных изображений

3.1. Соотношения между радиолокационным изображением и местностью ... 114
Системы координат ... 115
Соотношения между точками строки РЛИ и местности ... 118
3.2. Геометрические свойства радиолокационных снимков ... 121
Погрешность оценки координат точек реального РЛ-снимка, обусловленная факторами физического характера ... 124
3.3. Точность определения местоположения объектов по радиолокационным изображениям ... 129

Раздел 2

Методы и алгоритмы автоматизированного дешифрирования радиолокационных изображений в беспилотных авиационных комплексах воздушной разведки

Глава 4

Автоматизированная обработка радиолокационной информации и её эффективность

4.1. Основные направления автоматизации процесса дешифрирования радиолокационных изображений ... 141
4.2. Многофункциональный алгоритм автоматизированной обработки радиолокационной информации ... 146

4.3. Эффективность автоматизированной обработки радиолокационной информации 150
4.4. Эффективность вскрытия радиолокационных целей 153
Эффективность вскрытия целей в детальных режимах работы РСА 153
Эффективность вскрытия целей в совмещенных режимах работы РСА 157
Эффективность вскрытия распределенных целей 163
Эффективность вскрытия целей в поляриметрическом режиме работы РСА 166

Глава 5

Обнаружение, распознавание и классификация радиолокационных целей

5.1. Обнаружение одиночных малоразмерных целей 171
Теоретические основы радиолокационного обнаружения малоразмерных целей 172
Методика формирования достаточной статистики 175
Пороговая обработка достаточной статистики 178
Математические модели флуктуаций, отраженных от малоразмерной цели сигналов 181
Адаптивный алгоритм обнаружения малоразмерной цели 185
5.2. Метод обнаружения и распознавания групповых целей 189
Алгоритм обнаружения групповых целей 189
Байесовский подход при обнаружении и распознавании групповых целей 190
Декомпозиция оптимального алгоритма обнаружения и распознавания групповых целей 192
Кластерный анализ при формировании достаточной статистики классификатора групповой цели 194
Алгоритм классификации групповых целей 196
5.3. Оценка возможности реализации алгоритмов обнаружения, распознавания и классификации целей 204
Вычислительные средства для реализации алгоритмов автоматического обнаружения одиночных малоразмерных целей 204
Вычислительные средства для реализации алгоритмов автоматизированного обнаружения и классификации групповых целей 208

Глава 6

Обнаружение и распознавание распределенных целей

6.1. Методы обнаружения и распознавания распределенных целей 212
Математическая модель распределенной цели 212

Использование нейронных сетей для обнаружения и классификации распределенных целей 217
6.2. Совместная классификация и оценка положения распределенных целей 222
Математические модели РЛИ 224
Обучающие тестовые РЛИ 227
Совместный байесовский алгоритм распознавания – оценивания положения распределенных целей 230
6.3. Обнаружение и распознавание распределенных целей в поляриметрическом режиме работы РСА 236
Обнаружение и распознавание распределенных целей 236
Методика повышения качества сегментации радиолокационных изображений 243
Обнаружение слабоконтрастных распределенных целей 249

Глава 7
Формирование банка эталонных радиолокационных изображений для распознавания распределенных целей
7.1. Формирование банка данных фоноцелевой обстановки 254
7.2. Математическое моделирование радиолокационных портретов распределенных целей 260
Обучение операторов-дешифровщиков распознаванию наземных и морских объектов с использованием РЛП эталонных объектов 262
Геометрическое моделирование поверхности объекта 264
Методы решения стационарных задач дифракции электромагнитных волн на поверхности сложной формы 267
7.3. Эталонные радиолокационные портреты распределенных целей 276
7.4. Эталонные поляризационные портреты распределенных целей 282

Научное издание

А в т о р ы

Игорь Константинович АНТОНОВ
Александр Николаевич ДЕТКОВ
Дмитрий Анатольевич НИЦАК
Александр Николаевич ТОНКИХ
Олег Евгеньевич ЦВЕТКОВ

ВОЗДУШНАЯ РАЗВЕДКА

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Монография
Под редакцией И.К. Антонова

Изд. № 7. Сдано в набор 24.06.2020
Подписано в печать 5.10.2020
Формат 60×90 1/16. Бумага мелованная.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Печ. л. 18,5. Тираж 500 экз. Зак. № 09435.

Издательство «Радиотехника»
107031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, д. 20/6
Тел./факс: (495)621-48-37; 625-78-72, 625-92-41
e-mail: info@radiotec.ru
www.radiotec.ru

Отпечатано в типографии ООО «Паблит»
127282, Москва, ул. Полярная, д. 31В, стр. 1
Тел.: (495) 230-20-52

первые дано систематическое изложение основ теории автоматизи-
ванного дешифрирования радиолокационных изображений в беспи-
гных авиационных комплексах воздушной разведки. Приведены
едения о фундаментальных закономерностях формирования и
шифрирования радиолокационных изображений в современных РЛС
интезированной апертурой антенны. Показаны решения по автома-
зированному обнаружению, распознаванию и классификации мало-
змерных, групповых и распределённых целей.

ля научных работников и инженеров. Окажет неоценимую помощь
еподавателям, аспирантам и студентам высших учебных заведений,
учающихся по специальности «Радиотехника» и «Исследование
лродных ресурсов аэрокосмическими средствами».

BN 978-5-93108-207-3
785931 082073