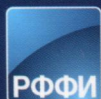


А. В. Кваснов



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ



ПОЛИТЕХ
Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого

Ministry of education and science of the Russian Federation

Peter The Great
Saint-Petersburg Polytechnic University

A. V. Kvasnov
**Intelligent processing of radar
information**

Monograph
St. Petersburg
2021

Peer reviewed by:
Doctor of Engineering Science, professor at Naval Research Center
of Electronic Warfare Systems **A. A. Baranenko**
Doctor of Engineering Science, Head of Naval Research Center
of Electronic Warfare Systems **I. I. Mikushin**

A. V. Kvasnov

Intelligent processing of radar information. — St.Petersburg.: Peter The Great Saint-Petersburg Polytechnic University, 2021. — 352 p.

ISBN 978-966-97817-7-2

DOI 10.25313/radar-information

The monograph considers methods and algorithms of processing radar information for the perspective of applied problems. The ideology of data synthesis in combined and spatially distributed radar systems is presented. Based on multidimensional analysis and mathematical statistics methods of targets identification and processing signal and trajectory information are shown. The research covers the issues of radar object recognition and target classification using a probabilistic approach and artificial neural networks. The chapters of the book are provided with practical examples, which can be implemented in software algorithms of radar systems. The book is used for engineers and employees involved in the design and development of radar systems, as well as for teachers, postgraduates and students of radio engineering departments of higher education.

Figures 151. Table 44. References: 148 titles.

The publication was carried out with the financial support of Russian Foundation for Basic Research under project № 20-17-00016, is not subject to sale.

ISBN 978-966-97817-7-2
DOI 10.25313/radar-information

© A. V. Kvasnov, 2021
© Peter The Great Saint-Petersburg
Polytechnic University, 2021

Министерство образования и науки Российской Федерации

**Санкт-Петербургский
Политехнический Университет Петра Великого**

А. В. Кваснов
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА
РАДИОЛОКАЦИОННОЙ
ИНФОРМАЦИИ

Монография
Санкт-Петербург
2021

УДК 621.396.969

К 32

ББК 32.95

ГРНТИ Электроника. Радиотехника

Рецензенты:

Главный научный сотрудник НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ, доктор технических наук,
профессор, контр-адмирал **Бараненко А. А.**

Начальник НИЦ РЭВ и ФИР ВМФ, доктор технических наук,
доцент, капитан I ранга **Микушин И. И.**

Кваснов А.В.

К 32 Интеллектуальная обработка радиолокационной информации. — СПб.:
Изд-во СПб Политехнического университета Петра Великого, 2021. — 352 с.: ил

ISBN 978-966-97817-7-2

DOI 10.25313/radar-information

В монографии с позиции прикладных задач рассмотрены методы и алгоритмы обработки радиолокационной информации. Приведена идеология синтеза данных в совмещенных и пространственно-распределенных радиоэлектронных комплексах: На основе многомерного анализа и математической статистики показаны метод отождествления отметок целей, обработки сигнальной и траекторной информации. Освещены вопросы радиолокационного распознавания объектов и классификации целей с помощью вероятностного подхода и искусственных нейронных сетей. Главы монографии снабжены практическими примерами, реализация которых может быть осуществлена в рамках алгоритмов программного обеспечения радиоэлектронных комплексов.

Для инженеров и работникам, связанным с проектированием и разработкой радиоэлектронных комплексов, а также для преподавателей, аспирантов и студентов радиотехнических факультетов высших учебных заведений.

Ил. 151. Табл. 44. Библиогр.: 148 назв.



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту №20-17-00016, не подлежит продаже.

ISBN 978-966-97817-7-2

DOI 10.25313/radar-information

© Кваснов А.В., 2021

© Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
ВВЕДЕНИЕ	11
РАЗДЕЛ 1. ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВАХ	
Глава 1. Теоретический подход к задачам комплексного освещения радиоэлектронной обстановки	19
1.1. Математический аппарат интеллектуальной обработки радиолокационной информации	20
1.2. Показатели эффективности и этапы обработки радиолокационной информации	25
1.3. Классификация радиоэлектронных средств освещения обстановки	32
Глава 2. Процедура траекторной обработки радиолокационной информации	39
2.1. Обнаружение и стробирование отметок цели	42
2.2. Процесс автозахвата и построения трассы	50
2.3. Сопровождение траекторий	54
Глава 3. Теория массового обслуживания в задачах обработки радиотехнической информации	60
3.1. Теория массового обслуживания в задачах оценки радиотехнической информации	65
3.2. Системы массового обслуживания радиотехнической информации	76
3.3. Принципы построения систем обработки радиотехнической информации	79
Глава 4. Задачи статистической обработки радиолокационной информации	95
4.1. Статистический подход при распознавании и классификации радиолокационных целей	101
4.2. Статистическая проверка гипотез при отождествлении целей	108

РАЗДЕЛ 2. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В СОВМЕЩЕННЫХ РЛС

Глава 5. Этапы и методы отождествления целей в совмещенных радиоэлектронных комплексах 117

- 5.1. Методы синхронного отождествления целей
на основе центральной предельной теоремы 123
- 5.2. Методика и процедура асинхронного
отождествления отметок целей 132

Глава 6. Модель трассы цели в совмещенных радиоэлектронных комплексах 148

- 6.1. Оценка параметров трассы цели в комплексах
воздушного освещения обстановки 150
- 6.2. Реализация алгоритмов по построению трассы цели 157

Глава 7. Комбинированные методы оценки трассы в совмещенных радиоэлектронных комплексах 164

- 7.1. Метод определения дальности
до источника радиоизлучения по энергopotенциалу 168
- 7.2. Способ определения курса движущегося
источника радиоизлучения моностатичной станцией 177

Глава 8. Распознавание и классификация объектов радиолокационными средствами с помощью искусственных нейронных сетей 184

- 8.1. Обработка неструктурированных данных
и интеллектуальный анализ РЛИ 186
- 8.2. Применение Искусственных Нейронных Сетей
для классификации радиолокационных объектов 193

РАЗДЕЛ 3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ В МНОГОПОЗИЦИОННЫХ РЛС

Глава 9. Единая целевая обстановка в многопозиционных радиоэлектронных средствах 209

- 9.1. Применение триангуляционного метода в пассивных
двухпозиционных станциях обнаружения источников излучения . 213
- 9.2. Оптимальное местоположение
приемных станций для оценки дальности 223

9.3. Условия оптимального целеуказания двухпозиционного комплекса	233
Глава 10. Отождествление источников радиоизлучений в многопозиционных радиоэлектронных средствах	242
10.1. Определение позиций источника радиоизлучения в пространственно-распределенных радиоэлектронных средствах	244
10.2. Отождествление источника радиоизлучения на основе t-критерия Стьюдента	250
Глава 11. Принципы управления и наведения подвижных радиоэлектронных комплексов	269
11.1. Управление положением объектов-носителей радиоэлектронных комплексов	273
11.2. Анализ алгоритмов поиска и сканирования целей	280
Глава 12. Классификация объектов радиотехническими средствами с применением вероятностного подхода	288
12.1. Статистические методы классификации радиоэлектронных средств	292
12.2. Классификация радиоэлектронных средств по радиоизлучающим признакам	298
12.3. Разработка алгоритмов в радиоэлектронных комплексах	309
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	318
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	320
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Таблицы квантилей ряда распределений	330
Квантили распределения t-критерия Стьюдента $t_{\alpha, k}$	330
Квантили распределения хи-квадрат	336
Квантили Z-распределения (правая сторона)	340
Квантили Z-распределения (левая сторона)	344
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Процедура преобразования выражений триангуляционного метода	348