



雷达数据处理及应用 (第二版)

Radar Data Processing With Applications
(Second Edition)

何友 修建娟 张晶炜 关欣 等著
He You Xiu JianJuan Zhang JingWei Guan Xin



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

雷达数据处理及应用

(第二版)

Radar Data Processing With Applications
(Second Edition)

何 友 修建娟 张晶炜 关 欣 等著

HE You XIU Jianjuan ZHANG Jingwei GUAN Xin

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是关于雷达数据处理理论及应用的一部专著,是作者们对国内外近年来该领域研究进展和自身研究成果的总结。全书由17章组成,主要内容有:雷达数据处理概述(包括研究目的、意义、历史和现状等),参数估计与线性滤波方法,非线性滤波方法,量测数据预处理技术,多目标跟踪中的航迹起始,极大似然类多目标数据互联方法,贝叶斯类多目标数据互联方法,机动目标跟踪,群目标跟踪,多目标跟踪终结理论与航迹管理,无源雷达数据处理,脉冲多普勒和相控阵雷达数据处理,雷达组网数据处理,雷达数据处理性能评估,雷达数据处理仿真技术,雷达数据处理的实际应用,以及关于雷达数据处理理论的回顾、建议与展望。本书可供从事信息工程、C³I系统、雷达工程、电子对抗、红外、声呐、军事指挥等专业的科技人员阅读和参考,还可作为上述专业的高年级本科生或研究生教材,同时可供从事激光、机器人、遥感、遥测等领域的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

雷达数据处理及应用/何友等著. —2版. —北京:电子工业出版社,2009.7
ISBN 978-7-121-08687-8

I. 雷… II. 何… III. 雷达信号—数据处理 IV. TN957.52

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第061058号

责任编辑:王春宁 特约编辑:牛雪峰

印 刷:北京东光印刷厂

装 订:三河市皇庄路通装订厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:24.5 字数:627千字

印 次:2009年7月第1次印刷

印 数:4000册 定价:56.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

Abstract

This book is a monograph about radar data processing and its applications is the summary of international and domestic advances in the research field and fruits of authors' research in recent several years. This book is composed seventeen chapters. The main contents are: radar data processing introduction(including motivation, significance, history and current state), parameter estimator and linear filtering approach, nonlinear filtering approach, pretreatment technique of measurement, track initiation in multi-target tracking, multi-target data association approach based on maximum likelihood, multi-target data association approach based on bayesian, maneuvering target tracking, group tracking, multi-target tracking ending theory and track management, passive radar data processing, pulse doppler radar and phased array radar data processing, radar net data processing, performance evaluation of radar data processing, simulation technique of radar data processing, practical application of radar data processing, the last is the review suggestion and prospect about the radar data processing theory.

This book could be used by the scientific and technical staffs engaged in information engineering, C3I system, radar engineering, electronic countermeasures, infrared technique, sonar technique, military command etc. to read and consult, and can also serve as textbook of upperclassman and graduate students of the above professions. This book also can be referenced by engineering staffs engaged in laser, robot, remote sensing and measure.

第二版前言

雷达技术的发展进步和应用需求推动雷达数据处理技术不断向前发展，雷达数据处理技术和优化理论、信息论、检测与估计、计算机科学等都有着紧密的联系，是未来各种智能化系统的重要基础之一。近年来，雷达数据处理技术无论在处理算法还是系统设计、硬件结构、实时处理软件编程等方面都有了长足的发展和进步，其在雷达、声呐、导航、通信、遥感、电子对抗、自动控制、生物医学、地球物理、经济学、社会学中都有良好的应用前景，受到了广泛的重视。

《雷达数据处理及应用》自 2006 年 1 月出版以来，受到广大读者的关注和厚爱，作者在此表示衷心的感谢。由于雷达数据处理理论、算法和应用的不断发展，使我们迫切感觉到要对本书进行修订并补充新的内容，以适应时代发展的需要。

本书是在 2006 年由我们所编著《雷达数据处理及应用》的基础上加以修改和增订而成的，在力求具有较高科学性的前提下，从基本概念和基本滤波方法入手，全面、系统地向读者介绍了雷达数据处理技术的发展情况与最新研究成果；在增强其逻辑性和可读性的基础上，对主要内容进行了补充和调整，增加了“群目标跟踪”和“雷达数据处理性能评估”两章，同时还对第一版中原有的各章节内容进行了不同程度的修改，加强了在同一仿真环境下对不同算法的仿真比较，以增强说服力。具体为：（1）综合近几年雷达数据处理技术的发展，对雷达数据处理的研究现状给予了更全面的阐述；将雷达数据处理中所包含的相关概念和主要内容之间的关系给予了更深刻的分析；（2）充实了雷达数据处理所需的基础理论，对时常参数估计部分的内容进行了完善，并在同一仿真环境下对线性和非线性滤波算法、高斯和非高斯噪声情况下的非线性滤波方法进行了比较分析；（3）充实了雷达数据处理中有关多目标跟踪部分的内容，增加了简化联合概率数据互联算法，同时压缩了一些重复的内容，如删减了修正的当前统计模型部分内容；增加了群目标跟踪一章，并在分析群的分割、群的互联和群速度估算三方面问题的基础上，从群的起始算法入手，围绕群的航迹更新、群的合并、群的分裂等多个方面研究了中心群目标跟踪算法和编队群目标跟踪算法；（4）补充了无源雷达数据处理一章的内容，增加了属性信息数据互联、机载 ESM 定位等内容，并将原来第 3 章的基于修正极坐标的无源跟踪调整到该部分；（5）对雷达组网数据处理技术一章进行了补充，增加了双基地雷达数据压缩可行性分析等内容；（6）增加了雷达数据处理性能评估一章，并从平均航迹起始时间、航迹累积中断次数、航迹模糊度、航迹累积交换次数、航迹精度、跟踪机动目标能力、虚假航迹比例、发散度、有效度等几个方面研究了雷达数据处理性能评估指标，同时分析了 Monte Carlo 方法、解析法、半实物仿真评估法、试验法等雷达数据处理性能评估方法；（7）进一步充实了雷达数据处理应用部分的内容，增加了带 Doppler 量测的雷达目标跟踪等内容。此外，根据近年来国内外最新的研究成果，本书增加了必要的参考文献并对第一版中一些文字叙述不确切之处进行了修正。

本书在撰写出版过程中，烟台海军航空工程学院电子信息工程系王国宏教授与作者进行了一些有益的讨论，提出了一些宝贵的修改意见；宋强博士生、王海鹏博士生、王本才博士

生、张政超硕士生、刘小华硕士生等参加了本书部分内容的修改和校对工作，作者在此一并向他们表示谢意。作者还要感谢电子工业出版社，特别是王春宁编辑对本书按期高质量出版的大力支持。

我们希望本书的出版，不仅给广大从事信息工程、模式识别、军事指挥等专业的科技人员提供一本可读性较好的参考书，也为他们的工作和后续学习打下一定的理论基础。

恳请广大读者能一如既往地关心本书，并提出宝贵的意见和建议。联系人：宋强；E-mail: songqiang8@sina.com；联系地址：山东烟台海军航空工程学院信息融合技术研究所(264001)。

何 友

2009年7月

于烟台海军航空工程学院

第一版前言

雷达数据处理器和雷达信号处理器是现代雷达系统中的两大重要组成部分，雷达接收到的信号先要在信号处理器中进行处理，达到抑制杂波、干扰信号和检测目标信号的目的；然后还要在数据处理器中进行处理，达到最大限度地提取目标坐标信息，以便对控制区域内目标的运动轨迹进行估计，并给出它们在下一时刻的位置推移，实现对目标高精度实时跟踪的目的。近年来，随着硬件、算法和计算机性能等方面的巨大进步，信号处理能力上了一个又一个台阶。这就使量测数据可被用于同时跟踪大量复杂目标，而且这些目标的机动性、目标平台的多样性、密集性和低可观测性也在不断加强，平台间对抗措施的先进性还在不断提高，从而也刺激了雷达数据处理的发展。本书是作者在多年来对雷达数据处理技术研究的基础上总结而成的，较全面、系统地向读者介绍了雷达数据处理技术的发展情况与最新研究成果，以期为国内同行提供一个进一步从事这一领域理论研究和实际应用的基础。

全书共分 15 章，第 1 章介绍了雷达数据处理的研究目的、意义、应用领域、历史和现状，以便使读者对雷达数据处理技术有一个全面的、基本的了解。第 2 章介绍状态估计与线性滤波方法，目的是为读者提供本书以后各章需要的理论基础。第 3 章研究非线性滤波方法。第 4 章讨论量测数据预处理技术，有效的量测数据预处理方法可以降低雷达数据处理的计算量和提高目标的跟踪精度。第 5 章研究了多目标跟踪中的航迹起始理论，具体包括两大类：一类是面向目标的顺序处理技术；另一类是面向量测的批处理方法。第 6 章讨论极大似然类多目标数据互联方法。作为第 6 章的继续，第 7 章研究贝叶斯类多目标数据互联方法。第 8 章研究机动目标跟踪方法，并分为具有机动检测的跟踪算法和自适应跟踪算法两大类进行论述。第 9 章讨论多目标跟踪终结技术与航迹管理技术。第 10 章研究无源雷达数据处理技术，同时还对无源雷达目标跟踪的优点和特点进行了阐述。第 11 章介绍相控阵技术在现代雷达系统中的应用情况、相控阵雷达数据处理的功能和特点；同时还介绍了脉冲多普勒 (PD) 雷达的一些相关知识和数据处理方法。第 12 章讨论雷达组网数据处理技术。第 13 章讨论雷达数据处理仿真技术，包括系统仿真的基础知识和进行 Monte Carlo 仿真实验时随机数的产生方法，同时还给出了雷达数据处理算法的仿真实例，以帮助读者能更好地理解系统仿真技术在雷达数据处理技术研究中的应用。第 14 章介绍雷达数据处理的实际应用。第 15 章回顾和总结本书的研究成果，并对某些问题提出进一步的研究建议。

本书由烟台海军航空工程学院何友、修建娟、张晶炜、关欣、熊伟、苏峰、董云龙、衣晓编著。我们知道，雷达数据处理技术是随着武器系统和设备、信号处理技术等的发展而不断发展的，由于篇幅的限制，本书不可能对这些发展做出统览无余的介绍。为此，我们在每章的最后都进行了归纳和总结，指出一些重要的新发展供读者进一步研究参考。同时，由于编著者水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者批评指正。

致 谢

本书在撰写出版过程中，得到了国内著名电子学专家郭桂蓉院士、毛二可院士的推荐和帮助，作者在此向他们表示感谢。

感谢海军航空工程学院王国宏教授与作者进行了很多有益的学术交流和讨论，并在百忙之中审阅本书的手稿，提出了非常宝贵的意见。在此，对王国宏教授表示深深的谢意。

书中引用了一些作者的论著及研究成果，在此向他们表示深深的谢意。笔者同样要感谢海军航空工程学院的领导、同仁和电子工业出版社，特别是电子工业出版社的王春宁编辑，正是由于他们的大力支持才保证了本书按期高质量出版。

在此，我还要感谢我的妻子潘丽娜女士，感谢她数十年来对我事业的理解和支持，感谢她在生活中给予了我无微不至的关心和照顾，这些都是我完成本书的基础。

作者最后还要感谢电子信息科技专著出版专项资金委员会对本书出版的资助。

何 友

2005年9月26日

于烟台海军航空工程学院

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 雷达数据处理的目的和意义	(1)
1.2 雷达数据处理中的基本概念	(2)
1.3 系统模型	(7)
1.4 雷达数据处理技术研究的历史与现状	(10)
1.5 本书的范围和概貌	(11)
第 2 章 参数估计与线性滤波方法	(15)
2.1 引言	(15)
2.2 参数估计	(15)
2.2.1 参数估计的概念	(15)
2.2.2 四种基本参数估计方法	(17)
2.2.3 估计性质	(26)
2.2.4 静态向量情况下的参数估计	(27)
2.3 卡尔曼滤波器	(31)
2.3.1 系统模型	(31)
2.3.2 滤波模型	(32)
2.3.3 卡尔曼滤波器的初始化	(35)
2.3.4 稳态卡尔曼滤波器	(38)
2.3.5 卡尔曼滤波算法应用举例	(38)
2.3.6 卡尔曼滤波器应用中应注意的一些问题	(40)
2.4 α - β 与 α - β - γ 滤波器	(41)
2.4.1 α - β 滤波器	(42)
2.4.2 自适应 α - β 滤波器	(44)
2.4.3 α - β 滤波算法应用举例	(44)
2.4.4 α - β - γ 滤波器	(46)
2.4.5 自适应 α - β - γ 滤波器	(47)
2.5 其他线性滤波技术	(47)
2.5.1 两点外推滤波器	(47)
2.5.2 线性自回归滤波器	(48)
2.6 卡尔曼滤波与其他线性滤波方法的性能比较	(48)
2.7 状态估计的一致性检验	(49)
2.7.1 状态估计误差一致性检验	(49)
2.7.2 新息的一致性检验	(50)
2.7.3 新息的白度检验	(50)
2.7.4 滤波器一致性检验的应用举例	(50)

2.8	小结	(51)
第 3 章	非线性滤波方法	(52)
3.1	引言	(52)
3.2	扩展卡尔曼滤波器	(52)
3.2.1	滤波模型	(52)
3.2.2	线性化 EKF 滤波的误差补偿	(55)
3.2.3	扩展卡尔曼滤波器应用中应注意的一些问题	(56)
3.3	不敏卡尔曼滤波器	(56)
3.3.1	不敏变换	(56)
3.3.2	滤波模型	(57)
3.3.3	仿真分析	(58)
3.4	粒子滤波器	(61)
3.4.1	系统状态方程和传感器量测模型	(61)
3.4.2	滤波模型	(61)
3.4.3	EKF、UKF、PF 三种非线性滤波算法应用举例	(62)
3.5	小结	(65)
第 4 章	量测数据预处理技术	(66)
4.1	引言	(66)
4.2	坐标变换	(66)
4.2.1	坐标系	(66)
4.2.2	坐标变换	(69)
4.2.3	几种常用坐标系的变换关系	(71)
4.2.4	几种常用坐标系中的跟踪问题	(75)
4.2.5	跟踪坐标系与滤波状态变量选择	(81)
4.3	野值剔除技术	(81)
4.3.1	野值的定义、成因及分类	(82)
4.3.2	野值的判别方法	(82)
4.4	数据压缩技术	(83)
4.4.1	单雷达的数据压缩	(83)
4.4.2	多雷达系统中的数据压缩	(85)
4.5	小结	(86)
第 5 章	多目标跟踪中的航迹起始	(87)
5.1	引言	(87)
5.2	航迹起始波门的形状和尺寸	(87)
5.2.1	环形波门	(88)
5.2.2	椭圆(球)波门	(88)
5.2.3	矩形波门	(89)
5.2.4	扇形波门	(90)
5.3	航迹起始算法	(91)
5.3.1	直观法	(91)
5.3.2	逻辑法	(92)

5.3.3	修正的逻辑法	(93)
5.3.4	Hough 变换法	(94)
5.3.5	修正的 Hough 变换法	(96)
5.3.6	基于 Hough 变换和逻辑的航迹起始算法	(97)
5.3.7	被动雷达航迹起始算法	(98)
5.4	航迹起始算法的比较与分析	(99)
5.5	航迹起始中的有关问题讨论	(102)
5.6	小结	(103)
第 6 章	极大似然类多目标数据互联方法	(104)
6.1	引言	(104)
6.2	航迹分叉法	(104)
6.3	联合极大似然算法	(107)
6.4	0-1 整数规划法	(109)
6.5	广义相关法	(112)
6.5.1	得分函数的建立	(112)
6.5.2	广义相关法的应用	(114)
6.6	几种极大似然类算法性能分析	(117)
6.7	小结	(118)
第 7 章	贝叶斯类多目标数据互联方法	(120)
7.1	引言	(120)
7.2	最近邻域法	(120)
7.2.1	最近邻域标准滤波器	(120)
7.2.2	概率最近邻域法	(121)
7.3	概率数据互联算法	(122)
7.3.1	状态更新与协方差更新	(122)
7.3.2	互联概率计算	(124)
7.3.3	修正的 PDAF 算法	(126)
7.3.4	性能分析	(127)
7.4	联合概率数据互联算法	(129)
7.4.1	JPDA 算法的基本模型	(130)
7.4.2	联合事件概率的计算	(134)
7.4.3	状态估计协方差的计算	(136)
7.4.4	简化的 JPDA 算法模型	(138)
7.4.5	性能分析	(140)
7.5	最优贝叶斯算法	(142)
7.5.1	最优贝叶斯算法模型	(142)
7.5.2	算法的次优实现	(143)
7.6	多假设法	(143)
7.6.1	假设的产生	(144)
7.6.2	概率计算	(144)
7.6.3	假设的简化技巧	(145)

7.7	性能分析	(146)
7.8	小结	(147)
第 8 章	机动目标跟踪	(148)
8.1	引言	(148)
8.2	具有机动检测的跟踪算法	(148)
8.2.1	可调白噪声模型	(149)
8.2.2	变维滤波算法	(150)
8.2.3	输入估计算法	(151)
8.3	自适应跟踪算法	(154)
8.3.1	Singer 模型算法	(154)
8.3.2	当前统计模型算法	(156)
8.3.3	Jerk 模型算法	(158)
8.3.4	多模型算法	(160)
8.3.5	交互式多模型算法	(161)
8.4	机动目标跟踪算法性能比较	(164)
8.4.1	仿真环境与参数设置	(164)
8.4.2	仿真结果与分析	(165)
8.5	小结	(169)
第 9 章	群目标跟踪	(170)
9.1	引言	(170)
9.2	群的起始	(170)
9.2.1	群的定义	(170)
9.2.2	群的分割	(171)
9.2.3	群的互联	(173)
9.2.4	群速度的估计	(173)
9.3	中心群目标跟踪算法	(177)
9.3.1	群航迹起始、确认和撤销	(178)
9.3.2	航迹更新	(178)
9.3.3	其他问题的实现	(181)
9.4	编队群目标跟踪算法	(181)
9.4.1	编队群目标跟踪算法概述	(182)
9.4.2	编队群目标跟踪算法的逻辑描述	(185)
9.5	群目标跟踪算法性能分析	(185)
9.5.1	仿真环境	(185)
9.5.2	仿真结果	(186)
9.5.3	仿真分析	(188)
9.6	小结	(188)
第 10 章	多目标跟踪终结理论与航迹管理	(190)
10.1	引言	(190)
10.2	多目标跟踪终结理论	(190)
10.2.1	序列概率比检验 (SPRT) 算法	(190)

10.2.2	跟踪门方法	(191)
10.2.3	代价函数法	(192)
10.2.4	Bayes 算法	(193)
10.2.5	全邻 Bayes 算法	(194)
10.2.6	算法性能分析	(194)
10.3	航迹管理	(196)
10.3.1	航迹号管理	(196)
10.3.2	航迹质量管理	(202)
10.4	小结	(207)
第 11 章	无源雷达数据处理	(209)
11.1	引言	(209)
11.2	有源雷达的局限性及无源雷达的优点	(209)
11.3	无源雷达空间数据互联	(211)
11.3.1	相位变化率法	(212)
11.3.2	多普勒变化率和方位联合定位	(215)
11.3.3	多模型法	(217)
11.3.4	基于修正极坐标的被动跟踪	(220)
11.3.5	无源定位方法性能比较	(224)
11.4	机载 ESM 定位	(225)
11.5	无源雷达属性数据关联	(227)
11.6	小结	(228)
第 12 章	脉冲多普勒和相控阵雷达数据处理	(229)
12.1	引言	(229)
12.2	PD 雷达数据处理	(229)
12.2.1	PD 雷达系统概述	(229)
12.2.2	PD 雷达数据的提取	(230)
12.2.3	PD 雷达滤波的典型算法	(232)
12.3	相控阵雷达数据处理	(243)
12.3.1	相控阵雷达系统概述	(243)
12.3.2	相控阵雷达数据处理系统的功能和特点	(245)
12.3.3	相控阵雷达的数据处理	(246)
12.4	小结	(254)
第 13 章	雷达组网数据处理	(255)
13.1	引言	(255)
13.2	雷达网的设计与分析	(255)
13.2.1	雷达网性能评价指标	(255)
13.2.2	雷达网优化布站	(257)
13.2.3	从抗干扰原则出发进行雷达布站仿真	(261)
13.3	单基地雷达组网数据处理	(263)
13.3.1	单基地雷达组网数据处理流程	(263)
13.3.2	单基地雷达组网的状态估计	(263)

13.4	双基地雷达组网数据处理	(266)
13.4.1	双基地雷达系统的基本定位关系	(266)
13.4.2	双基地雷达组合估计	(268)
13.4.3	双基地雷达组合估计可行性分析	(269)
13.5	多基地雷达组网数据处理	(272)
13.5.1	多基地雷达系统的跟踪原理	(272)
13.5.2	多基地雷达组网系统的观测方程	(272)
13.5.3	多基地跟踪系统数据处理的一般过程	(273)
13.6	航迹关联	(274)
13.7	误差配准	(276)
13.7.1	目标位置已知的误差配准	(276)
13.7.2	实时质量控制 (RTQC) 算法	(278)
13.7.3	最小二乘 (LS) 算法	(279)
13.7.4	广义最小二乘 (GLS) 算法	(280)
13.7.5	基于 ECEF 坐标系的广义最小二乘 (ECEF-GLS) 算法	(281)
13.7.6	仿真分析	(285)
13.8	小结	(287)
第 14 章	雷达数据处理性能评估	(289)
14.1	引言	(289)
14.2	有关名词术语	(289)
14.3	数据关联性能评估	(290)
14.3.1	平均航迹起始时间	(290)
14.3.2	航迹累积中断次数	(291)
14.3.3	航迹模糊度	(291)
14.3.4	航迹累积交换次数	(293)
14.4	跟踪滤波性能评估	(293)
14.4.1	航迹精度	(293)
14.4.2	跟踪机动目标能力	(294)
14.4.3	虚假航迹比例	(295)
14.4.4	发散度	(295)
14.4.5	有效度	(296)
14.5	雷达数据处理算法的评估方法	(297)
14.5.1	Monte Carlo 方法	(297)
14.5.2	解析法	(298)
14.5.3	半实物仿真方法	(298)
14.5.4	试验验证法	(299)
14.6	小结	(299)
第 15 章	雷达数据处理仿真技术	(301)
15.1	引言	(301)
15.2	系统仿真技术基础	(301)
15.2.1	系统仿真技术的基本概念	(301)

15.2.2	随机噪声的数字仿真	(303)
15.3	雷达数据处理算法仿真	(307)
15.3.1	目标运动模型的仿真	(307)
15.3.2	观测过程的仿真	(310)
15.3.3	跟踪滤波及航迹管理	(311)
15.4	算法仿真示例	(316)
15.5	小结	(319)
第 16 章	雷达数据处理的实际应用	(320)
16.1	引言	(320)
16.2	在空中交通管制系统中的应用	(320)
16.2.1	用途、组成和要求	(320)
16.2.2	雷达数据处理结构	(321)
16.2.3	空中交通管制实例	(323)
16.3	在船用导航雷达中的应用	(329)
16.4	在舰载雷达抑制杂波中的应用	(330)
16.4.1	数据处理抑制杂波的原理	(330)
16.4.2	舰载雷达数据处理杂波抑制的方法	(331)
16.5	在地面激光雷达中的应用	(333)
16.5.1	数据采集工作原理	(333)
16.5.2	数据处理的流程	(334)
16.6	在海上监视系统中的应用	(335)
16.6.1	用途、组成和要求	(335)
16.6.2	海上控制系统的结构	(336)
16.7	在防空系统中的应用	(337)
16.8	在陆基对空警戒雷达中的应用	(338)
16.9	在机载预警雷达中的应用	(339)
16.10	在舰载警戒火控雷达系统中的应用	(339)
16.11	小结	(340)
第 17 章	回顾、建议与展望	(341)
17.1	引言	(341)
17.2	研究成果回顾	(341)
17.3	问题与建议	(343)
17.4	研究方向展望	(345)
中英文缩写		(347)
参考文献		(350)

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Motivation and Significance of Radar Data Processing	(1)
1.2 Basic Concepts of Radar Data Processing	(2)
1.3 Dynamic Model	(7)
1.4 The History and Current State of Radar Data Processing	(10)
1.5 Scope and Outline of Book	(11)
Chapter 2 Parameter Estimator and Linear Filtering Approach	(15)
2.1 Introduction	(15)
2.2 Parameter Estimation	(15)
2.2.1 Basic Concepts of Parameter Estimation	(15)
2.2.2 Four Basic Methods of Parameter Estimation	(17)
2.2.3 Quality of Estimation	(26)
2.2.4 Parameter Estimation-Static Case	(27)
2.3 Kalman Filter	(31)
2.3.1 Dynamic Model	(31)
2.3.2 Filter Model	(32)
2.3.3 Initialization of Kalman Filter	(35)
2.3.4 Steady-State Kalman Filter	(38)
2.3.5 Application Example of Kalman Filter	(38)
2.3.6 Notices in Kalman Filter Application	(40)
2.4 α - β Filter and α - β - γ Filter	(41)
2.4.1 α - β Filter	(42)
2.4.2 Adaptive α - β Filter	(44)
2.4.3 Application Example of α - β Filter	(44)
2.4.4 α - β - γ Filter	(46)
2.4.5 Adaptive α - β - γ Filter	(47)
2.5 Other Linear Filter	(47)
2.5.1 Two Point Extrapolate Filter	(47)
2.5.2 Linear Auto-Recursive Filter	(48)
2.6 Performance Comparison of Kalman Filter and Other Filtering Methods	(48)
2.7 Consistency Test of State Estimate	(49)
2.7.1 Consistency Test of State Estimate Error	(49)
2.7.2 Consistency Test of Innovation	(50)
2.7.3 Whiteness Test of Innovation	(50)
2.7.4 Application Example of Filter Consistency Test	(50)

2.8 Summary	(51)
Chapter 3 Nonlinear Filtering Approach	(52)
3.1 Introduction	(52)
3.2 Extended Kalman Filter	(52)
3.2.1 Filter Model.....	(52)
3.2.2 Error Compensation in Linearized Filters	(55)
3.2.3 Notices in Extended Kalman Filter Application	(56)
3.3 Unscented Kalman Filter	(56)
3.3.1 Unscented Transform	(56)
3.3.2 Filter Model.....	(57)
3.3.3 Simulation Analysis	(58)
3.4 Particle Filter	(61)
3.4.1 Dynamic Equation and Observation Equation	(61)
3.4.2 Filter Model.....	(61)
3.4.3 Application Example of EKF,UKF and PF	(62)
3.5 Summary	(65)
Chapter 4 Pretreatment Technique of Measurement	(66)
4.1 Introduction	(66)
4.2 Coordinates Transform	(66)
4.2.1 Coordinates	(66)
4.2.2 Coordinates Transform	(69)
4.2.3 Transform of Several Common Coordinates	(71)
4.2.4 Tracking Problem in Several Common Coordinates	(75)
4.2.5 Choice of Coordinates and State Vector	(81)
4.3 Outlier Rejection Technique	(81)
4.3.1 Definition, Cause of Formation and Classification of Outlier	(82)
4.3.2 Discriminance of Outlier	(82)
4.4 Data Compression Technique	(83)
4.4.1 Data Compression in Monostatic Radar	(83)
4.4.2 Data Compression in Multistatic Radar System	(85)
4.5 Summary	(86)
Chapter 5 Track Initiation in Multi-target Tracking	(87)
5.1 Introduction	(87)
5.2 Form and Dimension of Initiation Validation Region	(87)
5.2.1 Annularity Validation Region	(88)
5.2.2 Ellipse Validation Region	(88)
5.2.3 Rectangle Validation Region	(89)
5.2.4 Fan-Shaped Validation Region	(90)
5.3 Track Initiation Algorithm	(91)
5.3.1 Direction-Vision Method.....	(91)
5.3.2 Logic-Based Method	(92)