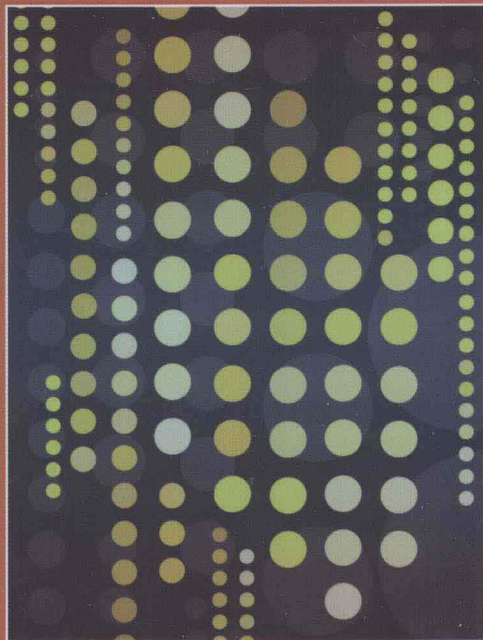




Group – Targets
Tracking

群目标跟踪

耿文东 王元钦 董正宏 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

群目标跟踪

Group - Targets Tracking

耿文东 王元钦 董正宏 著



国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

群目标跟踪/耿文东,王元钦,董正宏著. —北京:国防
工业出版社,2014. 1

ISBN 978-7-118-09083-3

I. ①群... II. ①耿... ②王... ③董... III. ①多
目标跟踪 IV. ①E87

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256598 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷责任有限公司

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 201 千字

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 49.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作

需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金
第七届评审委员会组成人员

主任委员	王 峰			
副主任委员	吴有生	蔡 镠	杨崇新	
秘书长	杨崇新			
副秘书长	邢海鹰	贺 明		
委 员	才鸿年	马伟明	王小谟	王群书
(按姓氏笔画排序)	甘茂治	甘晓华	卢秉恒	巩水利
	刘泽金	孙秀冬	陆 军	芮筱亭
	李言荣	李德仁	李德毅	杨 伟
	肖志力	吴宏鑫	张文栋	张信威
	陈良惠	房建成	赵万生	赵凤起
	郭云飞	唐志共	陶西平	韩祖南
	傅惠民	魏炳波		

前 言

目标跟踪作为军事领域与民用领域共同关注的问题,无论是理论上还是技术上都取得了辉煌的成就,并且仍然在不断的发展之中。目前,目标跟踪的理论与技术,大体上可以划分为两大类:一是以卡尔曼滤波理论为主导的单传感器单目标和多目标跟踪问题,二是以信息融合为主导的多传感器单目标和多目标跟踪问题,并且密集多目标跟踪成为了格外引人瞩目的重点与难点问题。

事实上,多目标跟踪一定意义上可以说是多量测处理问题。对于目标跟踪系统而言,多目标自然产生多量测,但多量测并不一定就是多目标的结果。例如,扩展单目标产生多量测,高分辨雷达产生多量测,多传感器产生多量测,多路径效应也产生多量测等。不仅如此,这些多量测有时是真假混杂的,有时甚至是无法选择的。例如,由于假目标、干扰等使得这种多量测是真假相伴的,扩展目标产生的多量测无法判断哪个是真实量测、哪个是虚假量测,密集多目标及其多路径效应产生的所谓间接量测混合在一起就更加难以说清楚。因此,造成了目标跟踪问题的复杂化。另外,在现有目标跟踪系统中,目标跟踪与态势认知通常是分离的,即目标跟踪系统所追求的总是给出每个目标的状态估计,再由专门的信息处理平台认知多目标的态势,也就是说目标跟踪与态势认知在物理层上是分离的。那么,能否既不必考虑目标数量,也不必考虑目标密集与否,而找到一种新的方法能够将单目标与多目标跟踪问题统一起来的同时,还能够贯通物理层、数据层与认知层而实现态势认知呢?

显然,必须改变理念才有可能找到这种方法。为此,本书提出了群目标跟踪思想。

群目标跟踪是在现代目标跟踪理论的基础上,借鉴编队目标队形跟踪的方法,并将单目标作为群目标的特例,把群目标数据关联与态势关联相统一,群目

标机动判断、态势评估与合并分离检测一体化的目标质心跟踪方法。群目标跟踪打破了目标数量、目标密集程度,以及真实量测与目标一一对应的限制,克服了密集多目标跟踪关联模糊、单目标多回波时真实量测无法选择,以及间接量测作为虚假量测处理而丢失对于目标跟踪有用信息等问题,具有一定的态势认知能力,实现了物理层、数据层与认知层的贯通;是一个能够确定群目标如何形成、群目标航迹如何起始、怎样进行群目标关联与航迹维持、新成员合并进来与老成员分离出去如何检测并能够为分离出去的目标捕获提供先验信息,以及群目标航迹撤销的完整体系。事实上,从仿生学的角度来看,群目标跟踪还是基于动物视觉过程的态势逆感知过程——先整体、再局部、最后到个体。

本书以群目标跟踪为主线,兼顾态势关联、态势融合与意图判断等认知问题,按照可行、实用的原则,详细阐述了群目标形成、航迹起始、数据关联、合并与分离检测及群目标航迹撤销等基本问题。本书的原创性与创新性主要体现在:提出了单目标与多目标跟踪相统一、数据关联与态势认知一体化的群目标跟踪思想;建立了群目标的跟踪构架;提出了最近邻—全邻单群目标关联算法;提出了双重多多对应下的多群目标关联算法;提出了群目标合并与分离检测、态势综合与意图判断同时实现的方法。为突出主题、缩减篇幅,本书并没有详细论述目标跟踪的基本理论,而仅仅给出了相关的基础知识,需要的读者可自行查阅。

群目标跟踪问题研究,经历了实际工作中感受、提出设想、专家把关、尝试各种方法,最后形成完整算法体系的过程。期间,从周宏仁、敬忠良与王德培老师的专著《机动目标跟踪》中获得了有益的启示,贾德院士、北京无线电测量研究所蔡庆宇研究员和清华大学彭应宁教授进行了耐心的指导,装备学院刘红娅老师从多家机构及科研院所调阅了大量资料,并提出了许多宝贵建议。在成稿过程中,中国电子科技集团公司电子科学研究院副院长陆军、副总工程师朱建良对相关问题进行了把关和进一步提炼,在此表示衷心感谢!

然而,目标跟踪理论和技术的发展日新月异,并且尚在不断发展和完善之中,所以,尽管作者查阅了大量的相关资料,借鉴了众多的研究成果,但限于知识储备不足与能力欠缺,书中的缺点和错误在所难免。因此,真诚希望关注目标跟踪问题的专家、学者与同仁不吝指正。

感谢国防科技图书出版基金的支持！

感谢肖志力老师对本书出版的指导、关心、帮助和付出的辛勤劳动！

感谢家人多年来一直默默无闻的支持！

感谢装备学院机关的大力支持！感谢所有为本书的成稿直接或间接做出贡献的专家学者！

耿文东

2013 年 6 月于装备学院

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 目标跟踪概况	1
1.2.1 单目标跟踪发展概况	2
1.2.2 多目标跟踪发展概况	2
1.2.3 数据融合发展概况	4
1.2.4 编队目标跟踪概况	6
1.2.5 典型目标跟踪系统	11
1.3 群目标跟踪理论	12
1.3.1 群目标跟踪产生背景	12
1.3.2 群目标跟踪思想形成	15
1.3.3 群目标概念与内涵	18
1.3.4 群目标跟踪原理	20
1.3.5 群目标跟踪应用前景	23
1.4 范围与概貌	25
1.5 小结	26
第二章 基础知识	28
2.1 常用术语	28
2.2 卡尔曼滤波	30
2.2.1 滤波描述	31
2.2.2 滤波器模型	33
2.2.3 滤波与预测模型小结	35
2.3 目标运动模型	37
2.3.1 问题描述	37

2.3.2 基本运动模型	39
2.4 多目标跟踪基本算法	41
2.4.1 概述	41
2.4.2 最近邻域关联算法	42
2.4.3 概率数据关联算法	43
2.4.4 联合概率数据关联算法	48
2.4.5 广义概率数据关联	54
2.5 小结	60
第三章 群目标分群检测与群起始	61
3.1 引言	61
3.2 群目标分群检测算法	62
3.2.1 编队目标分群方法分析	62
3.2.2 群目标形成的目标间距准则	64
3.2.3 基于点迹的群目标分群检测	68
3.3 基于群目标几何中心的群起始	70
3.3.1 编队目标航迹起始分析	70
3.3.2 基于几何中心的群起始	72
3.4 小结	74
第四章 单群目标数据关联与航迹维持	76
4.1 引言	76
4.2 群目标关联门与跟踪门	77
4.2.1 群目标跟踪门	78
4.2.2 群目标关联门	80
4.3 单群目标最近邻—全邻数据关联算法	81
4.3.1 群目标量测权值计算	82
4.3.2 单群目标数据关联	83
4.4 小结	85
第五章 多群目标数据关联与航迹维持	87
5.1 引言	87

5.2	双重多多对应的多群目标数据关联思想	88
5.3	多群目标关联门交叉检测矩阵的建立	91
5.4	多群目标公共量测分离检测矩阵的建立	92
5.5	多群目标联合关联概率与等效量测计算	93
5.6	小结	98
第六章	群目标合并分离检测与态势认知	100
6.1	引言	100
6.2	群目标机动描述	100
6.3	编队目标合并与分离检测方法分析	102
6.3.1	基于边缘航迹的编队目标合并与分离检测方法	102
6.3.2	基于目标间距的编队目标合并与分离检测方法	103
6.4	群目标合并算法	105
6.4.1	基于关联门准则的点迹与航迹合并算法	105
6.4.2	基于指向—隐含速度约束的航迹与航迹合并算法	106
6.5	群目标分离检测算法研究	109
6.5.1	群目标分离检测的基本思想	109
6.5.2	关联门内预置子波门的二次关联分离检测算法	114
6.6	等效量测平稳过渡与群撤销算法	121
6.6.1	等效量测平稳过渡算法	121
6.6.2	群撤销算法	122
6.7	小结	122
第七章	群目标跟踪算法仿真	125
7.1	引言	125
7.2	仿真条件	125
7.3	仿真结果与分析	128
7.3.1	群目标跟踪基本构架验证	128
7.3.2	分群检测与群起始算法验证	130
7.3.3	单群目标数据关联与航迹维持算法验证	131
7.3.4	多群目标数据关联与航迹维持算法验证	133

7.3.5 群目标合并与平稳过渡算法验证	136
7.3.6 群目标分离检测与群撤销算法验证	137
7.3.7 密集目标跟踪能力与虚假量测抑制能力验证	138
7.4 小结	140
参考文献	142

Contents

Chapter 1 Foreword	1
1.1 Introduction	1
1.2 Introduction of Targets Tracking	1
1.2.1 Development of Single Target Tracking	2
1.2.2 Development of Multi – Targets Tracking	2
1.2.3 Development of Data Aggregation	4
1.2.4 Development of Formation Targets Tracking	6
1.2.5 Classical Targets Tracking System	11
1.3 Theory of Group – Target Tracking	12
1.3.1 Background of Group – Target Tracking	12
1.3.2 Thinking of Group – Target Tracking	15
1.3.3 The Concept and Meaning of Group – Target	18
1.3.4 Theory of Group – Target Tracking	20
1.3.5 Application Forward of Group – Target Tracking	23
1.4 Field And General	25
1.5 Brief Summary	26
Chapter 2 Basic Knowledge	28
2.1 Commonly Used Glossary	28
2.2 Kalman Filter	30
2.2.1 Filter Description	31
2.2.2 Filter Model	33
2.2.3 Filtering and Predicting Model	35
2.3 Model of Targets Moving	37
2.3.1 Depiction of The Question	37
2.3.2 Model of Basic Moving	39
2.4 Basic Algorithm of Multi – Targets Tracking	41
2.4.1 Introduction	41
2.4.2 The Nearest Neighbor Association Algorithm	42

2.4.3	Probabilistic Data Association Algorithm	43
2.4.4	Joint Probabilistic Data Association Algorithm	48
2.4.5	Generalized Probability Data Association	54
2.5	Brief Summary	60
 Chapter 3 Grouping Detection and Group Initiation of		
	Group – Target	61
3.1	Introduction	61
3.2	Algorithm of Grouping Detection for Group – Target	62
3.2.1	Grouping Method of Formation Targets and Its Problems	62
3.2.2	Determination of Targets Distance Criterion for Group – Target	64
3.2.3	Grouping Detection Algorithm Based on Plots Track Group – Target	68
3.3	Group Initiation Algorithm Based on Geometry Center of Group – Target	70
3.3.1	Track Initiation Method of Formation Targets And Its Problems	70
3.3.2	Group Initiation Algorithm Based on Geometry Center	72
3.4	Brief Summary	74
 Chapter 4 Data Association and Track Continuity for Single Group –		
	Target	76
4.1	Introduction	76
4.2	Forming Association Gate and Track Gate for Group – Target	77
4.2.1	Track Gate for Group – Target	78
4.2.2	Association Gate for Group – Target	80
4.3	Nearest Neighbor and All Neighbor Data Association Algorithm	81
4.3.1	Computing Measured Weight for Group – Target	82
4.3.2	Data Association for Single Group – Target	83
4.4	Brief Summary	85
 Chapter 5 Data Association and Track Continuity for Multi Group –		
	Targets	87
5.1	Introduction	87

5.2	Idea of Data Association for Multi – Group – Target According to Double Multi – to – Multi Mapping	88
5.3	Builddding Cross – Detection Matrix of Associating Gate for Multi Group – Targets	91
5.4	Builddding Separate – Detection Matrix of Common Measurement for Multi Group – Targets	92
5.5	Computing Joint Associate Probability and Equivalent Measurement for Multi Group – Targets	93
5.6	Brief Summary	98

Chapter 6 Merging and Separate – Detection and Situation Cogination for Group – Targets

6.1	Introduction	100
6.2	Maneuvering Description of Group – Targets	100
6.3	Analyse of Merging and Separating Method for formation Targets ...	102
6.3.1	Merging and Separating Method Based on Edge Track for formation Targets	102
6.3.2	Merging and Separating Method Based on Distance Between Targets for formation Targets	103
6.4	Merging Algorithm for Group – Targets	105
6.4.1	Merging Method of Dots and Track Based on Association Gate Criterion	105
6.4.2	Merging Method Based on Pointing – Velocity Implied Constraints	106
6.5	Separating Detection Algorithm for Group – Targets	109
6.5.1	Basic Principles of Separating Detection for Group – Targets	109
6.5.2	Second Association Gate Separating Detection Algorithm With Wavelet Gate Embedded In The Association Gate	114
6.6	Equivalent Measurement Smooth Trasnsition and Group Revocation Algorithm	121
6.6.1	Equivalent Measurement Smooth Transition Algorithm	121
6.6.2	Group Revocation Algorithm	122
6.7	Brief Summary	122