

传感器管理及方法综述

刘先省^{1,2}, 申石磊², 潘 泉³

(1. 北京理工大学电子工程系, 北京 100081; 2. 河南大学计算机科学学院, 河南开封 475001; 3. 西北工业大学自动控制系, 陕西西安 710072)

摘 要: 本文对传感器管理的基本概念、原理及其重要性进行了简述, 对传感器管理的基本方法进行了分析与综合, 指出了传感器管理方法发展的基本特征和需要进一步研究的问题, 并提出了由传感器子系统、数据融合子系统、决策支持子系统和传感器管理子系统构成的数据融合闭环系统控制模式。

关键词: 数据融合; 传感器管理; 信息论; 规划论

中图分类号: TN391 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 03-0394-05

A Survey of Sensor Management and Methods

LIU Xian-xing^{1,2}, SHEN Shi-lei², PAN Quan³

(1. Department of Electronic Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. School of Computer Science, Henan University, Kaifeng, Henan 471000, China;

3. Department of Automatic Control, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi 710072, China)

Abstract: The basic concept, principle and importance of sensor management are summarized, and the methods are analyzed and synthesized. Then, the essential characteristic and the future study problems of development of sensor management methods are presented. Finally, the closed loop control scheme of data fusion system is proposed, which consists of sensor subsystem, data fusion subsystem, decision support subsystem and sensor management subsystem.

Key words: data fusion; sensor management; information theory; programming theory

1 引言

随着传感器技术、信号检测与处理以及计算机技术的迅速发展, 多传感器数据融合技术得到广泛应用。为了充分发挥多传感器数据融合系统的功能及性能, 必须在环境条件容许的情况下, 对有限的传感器资源进行科学合理分配, 因此传感器管理应运而生, 并逐渐成为数据融合系统的一个重要组成部分。

传感器管理(控制)就是利用有限的传感器资源, 满足对多个目标和扫描空间的需求, 以获得各个具体特性的最优值(如检测概率, 截获概率, 传感器自身的发射能力, 航迹精度或丢失概率等), 并以这个最优准则对传感器资源进行合理科学的分配。简单地讲, 传感器管理的核心问题就是依据一定的最优准则, 确定目标选择何种传感器及其工作方式和参数。

传感器管理范围包括空间管理、模式管理和时间管理。

传感器管理功能包括目标排列、事件预测、传感器预测、传感器对目标的分配、空间和时间范围控制以及配置和控制策略。

在实际应用中, 传感器资源的相对不足、目标环境机动性的增强及不确定性的增加, 都增加了传感器对目标的有效分配难度。当多个传感器同时用于多目标的检测、跟踪和识别

时, 必须解决传感器与目标之间以及检测、跟踪和识别之间的资源分配问题, 也就是如何在一定条件下合理充分利用传感器资源以满足系统最优性能的要求。另一方面, 受客观环境的限制使某些传感器不能充分发挥其功能, 为了某种军事目的而对传感器使用所提出的具体限制, 再加之传感器资源本身的限制, 这些都需要对传感器资源(包括传感器本身的资源以及传感器之间的资源)进行协调分配, 以使系统取得整体性能最优。

此外, 由于机载电子设备的革命性更新换代, 现代作战飞机在速度、性能和攻击力上与以前的情况完全不同。在传感器方面现代作战飞机普遍装有多种先进传感器, 比如合成孔径雷达(SAR), 敌我识别器(IFF), 前视红外雷达(FLIR)和电子支援系统(ESM)。如果将这些传感器管理都交给飞行员来操纵已不能适应现代战争形势的要求。因此, 建立一套自动的传感器管理系统不仅大大提高数据融合系统的精度、合理充分利用传感器资源, 而且大大减轻了飞行员的身体和心理负担。

2 传感器管理方法简介

传感器管理涉及到许多领域的技术, 其中主要有: 决策论或效用论、信息论、规划论、模糊集合论、群论、人工神经网络、

收稿日期: 2000-03-15; 修回日期: 2001-12-18

基金项目: 国家自然科学基金(No. 69772031)和河南省自然科学基金

数字信号处理、计算机科学以及基于知识系统或专家系统。传感器管理的核心问题就是依据一定的准则,建立一个易于量化的目标函数,再加上传感器资源的约束条件,然后对目标函数进行优化以获得传感器对目标的有效分配。因此,一个有效的传感器管理方法必须具备如下特点:目标函数、约束条件易于量化表示,既科学合理又切实可行。因此说,对所有传感器管理方法来说,其关键是要建立一个既科学合理又切实可行的目标函数和约束条件。

由于传感器管理起步较晚,成熟的方法并不多见,国内的研究则更少见报道。下面,我们就对一些主要传感器管理方法作一简介。

2.1 基于规划论的方法

规划论是解决管理问题的最主要工具之一,目前用于传感器管理方面的主要有线性规划、动态规划和非线性规划等。

Nash^[1]将优化技术应用于传感器管理,使用线性规划对被跟踪目标确定传感器对目标的分配,将卡尔曼滤波器中的误差协方差阵的迹作为目标函数中的代价系数。同时还引入了伪传感器(单传感器的组合)的概念以解决松弛的传感器分配。

Bier 和 Rothman^[2,3]使用布尔矩阵定义一种基于传感器能力和有效性的传感器与目标的配对,利用传感器性能模型预测传感器对目标的效能,以便量化各候选传感器分配方案的临界效益。利用航迹文件的有效数据,检测、跟踪和识别模型可以进一步预测测量性能,这样就可以估计出每个可能的配对值,并用来计算、分配目标函数。

Malhotra^[4-6]则讨论了传感器管理的时间特性并将序列决策过程描述为一般的马尔可夫决策过程。动态规划是解决马尔可夫过程的一种方法,它是根据最终状态并反向执行确定最小费用的一种递推算法,但在列举动态规划的每个可能行径时会产生计算的组合爆炸。

为了解决动态规划的组合爆炸问题,David A. Castañ^[7]则提出一种近似方法,即通过将传感器资源的约束条件修改为期望约束条件,并引入拉格朗日乘子,将多目标动态规划问题解耦成多个单目标动态规划问题。此外,David A. Castañ^[8]还提出了一种基于最大检测概率的传感器管理方法,该方法实际上也采用了动态规划,这种方法对单目标检测具有较小的错误率,但对多目标检测错误率甚大,其原因是该算法一旦发现检测概率最大的目标,就不再去搜索其它目标了。

Liu Xianxing^[9]提出了一种基于效用函数的传感器管理方法,实际上是一种线性规划方法。通过传感器特性与目标的有效配对以及目标优先级的排序,建立线性规划的目标函数,并利用传感器与目标的配对和目标优先级排序定义一个浪费函数,将浪费函数用于对目标函数作适当修改。将传感器分为单传感器和传感器组合,并以传感器最大跟踪能力以及对所有目标的覆盖能力为约束,对传感器资源进行科学合理分配。这种方法虽简单可行、使用面广,但对某些因素的合理量化问题尚待进一步研究。

Wasburn 等^[10]提出一种传感器管理方法,该方法基于动态规划预测未来传感器管理决策的效果,进而对传感器资源

进行调度。Slagel J R 和 H Hamburger^[11]描述了一个武器对目标的资源分配系统,此系统将期望的总杀伤力作为目标函数来进行传感器资源的有效分配。

2.2 基于信息论的方法

信息熵是信息论中不确定性的一种最原始的定量表示方法。基于信息熵的方法主要有:

Hintz 和 McIntyre 等^[12-19]首先提出将信息论度量方法用于规划单传感器跟踪多目标,他们使用期望的熵变(由误差协方差阵的范数描述)作为期望信息增量以确定哪一个目标将被测量,这样可以使每个采样间隔获得的信息量最大化。此外 McIntyre 还利用网格理论给出一种动态确定检测、跟踪与识别优先级的方法。Hintz 还将这种信息度量方法扩展到自动目标识别系统。McIntyre 和 Hintz 在一个仿真程序中同样使用信息论中的熵,以实现目标搜索与跟踪的传感器资源分配。此外, B D Leon^[20]、Addison^[21]、Dunkelberger^[22]、Liggins Martin E^[23]和 I Y Hoballah^[24]也将这种信息度量方法应用到分布式传感器管理领域。

Manyika 和 Durrant-Whyte^[25,26]首先对数据融合和传感器管理建立了概率信息模型,给出了不同情况下数据融合方式,基于概率信息模型给出了对应各种融合结构的、关于目标运动状态的信息滤波器,以及对应于各种融合结构的离散状态分类置信度的信息滤波器。在此基础上,基于信息熵建立了传感器管理的目标效用函数,形成了传感器管理的基本框架。最后应用上述方法解决了一个分散化数据融合系统中的传感器管理问题。

混合熵(也称分辨力函数)是信息论中不确定性的另一种表示方法,它是基于 Kullback-Leibler 分辨力信息函数。与信息熵不同之处在于混合熵本身就是信息量大小的一种度量。基于混合熵的方法主要有:

Schmaedeke^[27,28]使用分辨力增量作为 Nash^[1]线性规划目标函数中传感器分配费用,以确定传感器对目标的资源分配。此外, Schmaedeke^[29]又讨论传感器管理与非线性滤波问题,而 Kastella Keith^[30]和 Zatezalo Aleksandr^[31]给出一种有关传感器管理的非线性滤波的近似解法。Kastella^[32]以及 Schmaedeke 和 Kastella^[33]应用分辨力增量确定传感器的分辨率层次。而 Kastella^[34-39]、Kastella 和 Musick^[40]用概率分布函数(PDF)来描述目标存在于离散检测单元的情况,然后计算每次量测所产生的分辨力函数,通过使分辨力增量最大化来确定传感器对目标的分配策略。

在法国 Fusion 2000 国际会议上, Pierre Dodin 等^[41]以 Kullback-Leibler 熵作为目标函数,并引入由单个传感器组成的伪传感器概念,对目标和传感器进行有效配对,通过对不同脚本的仿真,证明了该方法的有效性。

2.3 基于模糊逻辑和神经网络的方法

模糊推理和神经网络作为两种近似优化方法也被应用于传感器管理领域。其主要方法有: Mplina Lopez 等^[42]提出了一种传感器管理方案,该方案利用基于知识推理和模糊决策理论实现了传感器对目标的分配任务。Zhongliang Jing 和 Xueqin Wang^[43]使用一个后向更新神经网络在条件变化情况下跟踪

机动目标,其目标跟踪方案使用了并行卡尔曼滤波器和神经网络以改善目标位置、速度和加速度的跟踪精度。

2.4 基于随机集合理论的方法

为了更好地描述和解决多传感器多目标系统的资源分配问题,并采用相应的方法改善系统性能,Goodman^[44]和Mahler^[45~51]利用随机集合理论将Hintz和Kastella的基于信息论的传感器管理方法推广到更一般的情况,使得解决更为复杂的多传感器多目标系统成为可能,不过这种方法所要解决的数学问题也较为复杂。

2.5 基于专家系统的方法

Cowan Rosa A^[52]给出了一个模拟的专家系统,用于典型战术飞机的传感器管理,并对使用专家系统的跟踪性能进行了报导,其性能远优于不使用专家系统的情况,Leon^[53,54]描述了战略传感器网络中的传感器管理和控制的专家系统,Hui和Patrick J^[55]针对飞机导航使用的传感器,给出了一个专家管理系统,此系统对传感器资源进行有效分配以获得最优导航性能。

2.6 其它方法

Fung,Horvitz和Rothman^[56]基于贝叶斯概率论和流程图建立了一个传感器管理结构,Gaskell和Probert^[57]基于决策论方法建立了一个可移动机器人的传感器管理框架,Wang Guohong^[58]提出了多传感器数据融合系统的自适应传感器管理方法,本方法利用了位置融合似真度和目标类型融合一致因子对传感器资源进行分配,该方法不需要积分运算,因此计算比较简单。

3 几点认识

要解决好传感器管理问题,除了要有较好的传感器管理方法外,还要搞清楚传感器管理与数据融合之间的关系,因为传感器管理毕竟是为数据融合服务的。

3.1 关于传感器管理方法

在介绍的诸多传感器管理方法中,既具有科学性又具有可行性的方法应当建立在信息论与规划论基础之上,这类方法对一般的传感器管理才更具有普遍意义,而其它则只是在某一特定情况下某一具体方法的应用。在基于信息论和规划论的方法中,利用信息论中的熵或混合熵对多传感器数据融合中的不确定性因素进行定量描述(如用贝叶斯规则和卡尔曼滤波器中的误差协方差阵分别对目标的检测和跟踪过程中的不确定性进行描述),这样就可以建立传感器管理的目标函数,再加上具体应用过程中的传感器资源约束条件,就可以利用规划论解决传感器管理问题。当传感器管理问题较为复杂(传感器和目标数目较多)时,可以引入随机集合理论对问题进行描述,以获得更一般情况下传感器管理问题的解,这也是基于信息论和规划论方法的一种推广。

3.2 关于传感器管理与数据融合的关系

目前,对数据融合研究主要集中在数据融合的结构、准则和算法的选择与优化上,当然这些研究是非常必要的,但其终究只是一种开环研究思路,即在传感器获得一定信息量的基础上,利用各种有效方法对获得的信息进行融合,以提取更多

有用的信息,但它们并没有强调利用融合结果对传感器资源进行动态分配,也更没有将传感器管理作为反馈环节进而构成闭环控制系统方面的研究,这样就不利于整个数据融合系统性能的提高与资源的动态优化,同样也达不到传感器管理的最终目的。为此,我们提出了由传感器子系统、数据融合子系统(一级融合,即状态及属性融合)、决策支持子系统(二、三级融合,即态势及威胁评估)和传感器管理子系统(传感器资源分配)构成的数据融合闭环控制模式(如图1所示)。

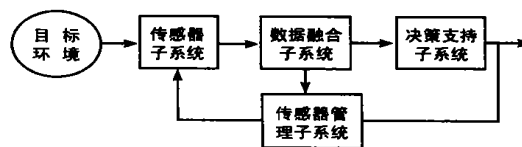


图1 数据融合闭环控制模式方框图

传感器子系统相当于整个数据融合闭环系统的探测装置;数据融合子系统的功能是对传感器子系统探测的信息进行融合处理以获得状态估计和目标属性,并为决策支持子系统提供进一步融合的结果和传感器管理子系统提供反馈依据;决策支持子系统接收一级融合处理的结果,进行二、三级态势和威胁评估,其融合结果也是进行传感器管理必要依据之一;而传感器管理子系统则根据上述几方面的反馈结果,对传感器资源进行动态分配。因此,传感器管理子系统对形成数据融合闭环控制系统起着不可替代的反馈调节作用,也使我们对传感器管理和数据融合的研究从开环方式上升到闭环方式,更利于从整个系统的观点对局部功能及具体实现算法进行动态优化。

4 有待研究问题

- (1) 建立传感器管理系统的闭环传递函数,并分析其稳定性、鲁棒性。
- (2) 建立传感器管理系统的性能评价体系,为传感器管理提供更为科学合理依据。
- (3) 进一步探索基于信息论及规划论的有效可行的传感器管理算法,并将其推广到分布式融合结构中。
- (4) 利用随机集合理论对传感器管理问题进行描述,以解决更为复杂情况下的传感器管理问题。

参考文献:

- [1] J M Nash. Optimal allocation of tracking resource [A]. Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control [C], 1977: 1177 - 1180.
- [2] P L Rothman, S G Bier. Evaluation of sensor management systems [A]. Proceedings of the NAECON [C], 1989, 4: 1747 - 1752.
- [3] S G Bier, P L Rothman, R A Manske. Intelligent sensor management for beyond visual range air-to-air combat [A]. Proceedings of the NAECON [C], 1988, 1: 264 - 269.
- [4] Malhotra Raj, et al. Achieving Near-Optimal Sensor Allocation Policies Through Reinforcement Learning [R]. Final Report. Report No. : AD-A318335.
- [5] Malhotra Raj. Temporal considerations in sensor management [A]. Pro-

- ceedings of the NAECON [C], 1995, 1:86 - 93.
- [6] Musick Stan, Malhotra Raj. Chasing the elusive sensor manager [A]. Proceedings of the NAECON [C], 1994, 1:606 - 613.
- [7] David A Castañón. Approximate dynamic programming for sensor management [A]. Proceedings of the 36th IEEE Conference on Decision and Control [C], 1997, 2:1202 - 1207.
- [8] David A Castañón. Optimal search strategies in dynamic hypothesis testing [J]. IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, 1995, 25 (7):1130 - 1138.
- [9] Liu Xianxing, Pan Quan, Zhang Hongcai, Dai guanzhong. Study on algorithm of sensor management based on functions of efficiency and waste [J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2000, 13(1):39 - 44.
- [10] R Wasburn, A Chao, D Castañón, D Bertsekas, R Malhotra. Stochastic dynamic programming for far-sighted sensor management [A]. 1997 IRIS National Symposium on Sensor and Data Fusion [C], 1997.
- [11] Slagel J R, H Hamburger. An expert system for resource allocation problem [A]. Comm. of the ACM [C], 1985, 28(9):994 - 1004.
- [12] Hintz Kenneth J, McIntyre Greg. Gál lattices for sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1999, 3365:249 - 255.
- [13] McIntyre Gregory A, Hintz Kenneth J. Sensor management simulation and comparative study [A]. SPIE Proceedings [C], 1997, 3068:250 - 260.
- [14] McIntyre Gregory A, Hintz Kenneth J. An information theoretic approach to sensor scheduling [A]. SPIE Proceedings [C], 1996, 2755:304 - 312.
- [15] McIntyre Gregory A, Hintz Kenneth J. Sensor measurement scheduling - An enhanced dynamic, preemptive algorithm [J]. Optical Engineering, 1998, 37(2):517 - 523.
- [16] Kenneth J Hintz. A measure of information gain attributable to cueing [J]. IEEE Trans. on System, Man and Cybernetics, 1991, 21(2):434 - 441.
- [17] KJ Hintz, E S McVey. Multi-process constrained estimation [J]. IEEE Transaction on System Man and Cybernetics, 1991, 21(1):434 - 442.
- [18] McIntyre G A. Comprehensive Approach to Sensor Management and Scheduling [D]. Doctoral Thesis. George Mason Univ., Fairfax, VA, 1997.
- [19] J Llinas, K Hintz, B Beale. Applications of Automatic Control Theory to Sensor Scheduling [R]. Report for Naval Air Warfare Center, Warminster, PA, 1992.
- [20] B D Leon, P R Heller. An expert system and simulation approach for sensor management and control in distributed surveillance network [A]. SPIE Proceedings [C], 1987, 786:41 - 51.
- [21] Addison Edwin R, Barbara D Leon. A blackboard architecture for cooperating expert system to manage a distributed sensor network [A]. Proceeding of the Data Fusion Symp [C], 1987:669 - 675.
- [22] Dunkelberger Kirk A. Hypothesis-driven distributed sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1994, 2232:79 - 90.
- [23] Liggins Martin E, Chong Chee-Yee. Distributed multi-platform fusion for enhanced radar management [A]. NATRAD '97 [C], 1997:115 - 119.
- [24] I Y Hballah, R K Varshney. An information theoretic approach to the distributed detection problem [J]. IEEE Transaction on Information Theory, 1989, 35(5):988 - 994.
- [25] J M Manyika, H Durrant-Whyte. On sensor management in decentralized data fusion [A]. Proceedings of the 31st Conference on Decision and Control [C], 1992, 4:3506 - 3507.
- [26] J M Manyika, H F Durrant-Whyte. An information-theoretic approach to management in decentralized data fusion [A]. SPIE Proceedings [C], 1992, 1828:202 - 213.
- [27] Schmaedeke Wayne. Information based sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1993, 1955:156 - 164.
- [28] Schmaedeke Wayne, Kastella Keith. Information based sensor management and IMMKF [A]. SPIE Proceedings [C], 1998, 3373:390 - 401.
- [29] Friedman Avner, Kastella Keith, Schmaedeke Wayne. Sensor Management and Nonlinear Filtering Research [R]. NASA No. 19990032046.
- [30] Friedman Avner, Kastella Keith. Sensor Management Research [R]. NASA No. 19980040080.
- [31] Kastella Keith, Zatezalo Aleksandr. Nonlinear filtering for tracking low elevation targets in multipath [A]. SPIE Proceedings [C], 1998, 3373:452 - 459.
- [32] K Kastella. A maximum likelihood estimator for report-to-track association [A]. SPIE Proceedings [C], 1993, 2059:2 - 13.
- [33] W Schmaedeke, Kastella. Event-averaged maximum likelihood estimation and information based on sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1994, 2232:91 - 96.
- [34] Kastella Keith. Discrimination gain to optimize detection and classification [A]. SPIE Proceedings [C], 1995, 2561:66 - 70.
- [35] Copeland Mark, Kastella Keith. Asymptotic estimate for missed/false-track probability in track-before-detect algorithms [A]. SPIE Proceedings [C], 1995, 2561:178 - 185.
- [36] K Kastella. Discrimination gain for sensor management in multitarget detection and tracking [A]. IEEE-SMC and IMACS Multiconference CESA '96 [C], 1996, 1:167 - 172.
- [37] Kastella Keith. Joint multitarget probabilities for detection and tracking [A]. SPIE Proceedings [C], 1997, 3086:122 - 128.
- [38] Friedman Avner, Kastella Keith. Emerging applications in probability (sensor management) [R]. Final Technical Report, May 1994 - Jan. 1995, Report No.: AD-A292781.
- [39] Kastella Keith. Mean-field theory and multitarget tracking [A]. SPIE Proceedings [C], 1994, 2235:388 - 393.
- [40] K Kastella, S Musick. The search for optimal sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1996, 2759:318 - 329.
- [41] Pierre Dodin, Julien Verliac, Vincent Nimier. Analysis of the multisensor multitarget tracking resource allocation problem [A]. The 3rd International Conference of Information Fusion [C], 2000, WECIF-3.
- [42] J M Mplina Lopez, F J Jimenez Rodriguez, J R Casar Corredera. Fuzzy reasoning for multisensor management [A]. IEEE International Conference on SMC [C], 1995, 2:1398 - 1403.
- [43] J Zhongliang, X Hong, Z Xueqin. Information fusion and tracking of maneuvering targets with artificial neural networks [A]. Proceedings of the 1994 IEEE International Conference on Neural Networks [C], 1994, 5:3403 - 3408.
- [44] I R Godman, R P S Mahler, H T Nguyen. Mathematics of Data Fusion [M]. Academic Publishers, 1997.
- [45] R Mahler. The random set approach to data fusion [A]. SPIE Proceedings [C], 1994, 2234:287 - 295.

- [46] R Mahler. Unified data fusion: fuzzy logic, evidence, and rules [A]. SPIE Proceedings [C], 1996, 2755: 226 - 237.
- [47] R Mahler. Measurement models for ambiguous evidence using conditional random sets [A]. SPIE Proceedings [C], 1997, 3068: 40 - 51.
- [48] R Mahler. Nonadditive probability, finite-set statistics and information fusion [A]. Proc. 34th IEEE Conference on Decision and Control [C], 1995: 1947 - 1952.
- [49] Mahler Ronald P S. Global posterior densities for sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1998, 3365: 252 - 263.
- [50] Ronald P S Mahler. Information for fusion management and performance estimation [A]. SPIE Proceedings [C], 1998, 3374: 64 - 75.
- [51] S Musick, K Kastella, R Mahler. A practical implementation of joint multitarget probabilities [A]. SPIE Proceedings [C], 1998, 3374: 64 - 75.
- [52] Cowan Rosa A. Improved tracking and data fusion through sensor management and control [A]. Proceeding Data Fusion Symp [C], 1987: 661 - 665.
- [53] B D Leon, P R Heller. An expert system and simulation approach for sensor management and control in distributed surveillance network [A]. SPIE Proceedings [C], 1987, 786: 41 - 51.
- [54] Addison Edwin R, Barbara D Leon. A blackboard architecture for cooperating expert system to manage a distributed sensor network [A]. Proceeding of the Data Fusion Symp [C], 1987: 669 - 675.
- [55] Hui Patrick J. An intelligence sensor processor [A]. Proceedings of the NAECON [C], 1988: 1219 - 1219.
- [56] R Fung, E Horvitz, P Rothman. Decision Theoretic Approach to Sensor Management [R]. Wright-Patterson AFB, OH, 1993, DTIC # AB B172227.
- [57] A Gaskell, P Probert. Sensor models and a framework for sensor management [A]. SPIE Proceedings [C], 1993, 2059: 2 - 13.
- [58] Wang Guohong, He you, Yang Zhi, Mao Shiyi, Lu dajin. Adaptive sensor management in multisensor data fusion system [J]. Chinese Journal of Electronics, 1999, 8(2): 136 - 139.

作者简介:

刘先省 男, 1964 年生于河南. 博士, 副教授. 现在北京理工大学信息与通信工程专业博士后流动站做研究工作. 主要研究领域为信息融合, 智能控制等.

申石磊 男, 1953 年生于河南. 副教授. 主要研究领域为信号处理, 计算机网络等.

潘泉 男, 1961 年生于上海市. 教授, 博士生导师. 主要研究领域为随机最优估计与控制, 信息融合, 多目标跟踪, 智能信息处理, 智能控制.