

目标识别中多传感器信息融合算法比较^①

蒋晓瑜, 梁浩聪, 王 加, 张旭帆

(装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072)

摘 要: 近年来多传感器信息融合技术在目标识别领域得到了大量研究和快速发展. 介绍了多传感器信息融合目标识别的基本原理及其系统结构, 重点阐述了目标识别中的多传感器信息融合算法, 并对识别效果进行比较, 最后指出了该领域今后的发展趋势.

关键词: 多传感器; 信息融合; 目标识别; 融合算法

Comparison of Multi-Sensor Information Fusion Algorithms Based on Target Recognition

JIANG Xiao-Yu, LIANG Hao-Cong, WANG Jia, ZHANG Xu-Fan

(Department of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: In recent years, the technology of multi-sensor information fusion obtains amounts of researches and rapid development in the realm of target recognition. The basic theory and its systematic structure are introduced. The multi-sensor information fusion algorithms of target recognition are expounded and compared thoroughly in this paper. Finally the trend in this field are given.

Key words: multi-sensor; information fusion; target recognition; fusion algorithm

目标识别是现代防空作战的热点研究内容. 在空战复杂的电磁环境下, 依靠单个传感器不可能提高目标识别能力, 而利用多传感器进行目标识别具有以下四个优点: 1. 可以拓展识别系统的时间与空间覆盖范围; 2. 可以发挥各传感器的优势, 取长补短以提高空中目标识别率; 3. 多传感器抗干扰的性能大大优于单个传感器; 4. 改进了系统工作的可靠性、准确性和容错性.

目前的研究中, 在目标识别领域里提出了多种多传感器的信息融合算法, 本文通过对各种算法之间进行比较和选择, 最终达到了提高空中目标识别率的目的.

1 多传感器目标识别

1.1 多传感器信息融合目标识别原理和结构

基于信息融合技术的多传感器目标识别过程, 主要由多传感信号检测、数据信号预处理、特征提取、融合计算和目标识别结果等环节构成. 其中, 特征提取和融合计算作为中心环节, 作用尤为关键. 特征提取, 就是从原始数据中提取对分类识别有用的目标信

息; 融合计算, 就是对提取的目标信息作适当处理, 完成特征信号与目标参数间的相关、估计和识别.

对于目标识别的多传感器信息融合, 根据信息处理过程和抽象程度差异, 可以划分为三种结构级别^[1]: 数据级融合, 特征级融合和决策级融合.

由于特征级的信息融合过程体现了数据级融合及决策级融合的优点, 所以实际应用范围更广. 多传感器信息融合特征级的目标识别系统结构如图 1 所示:

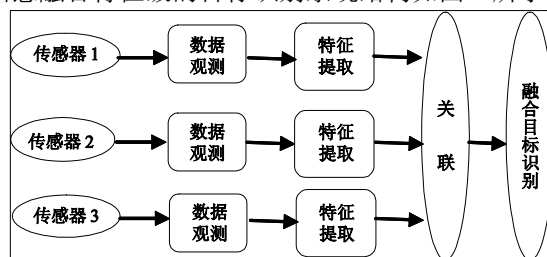


图 1 特征级融合

对信息融合目标识别系统来说, 由于总体结构上的差异, 会使得融合目标识别结果的准确性也不同. 一

^① 收稿时间:2012-09-16;收到修改稿时间:2012-11-23

一般而言,信息融合的系统结构可以划分为四种^[2]:集中式融合系统、无反馈的分布式融合系统、有反馈的分布式融合系统和有反馈的全并行融合系统.

其中集中式融合目标识别系统虽然计算量大,但能够保持大部分的数据,信息损失量小且系统结构简单.图2是决策级的集中式融合目标识别系统结构.

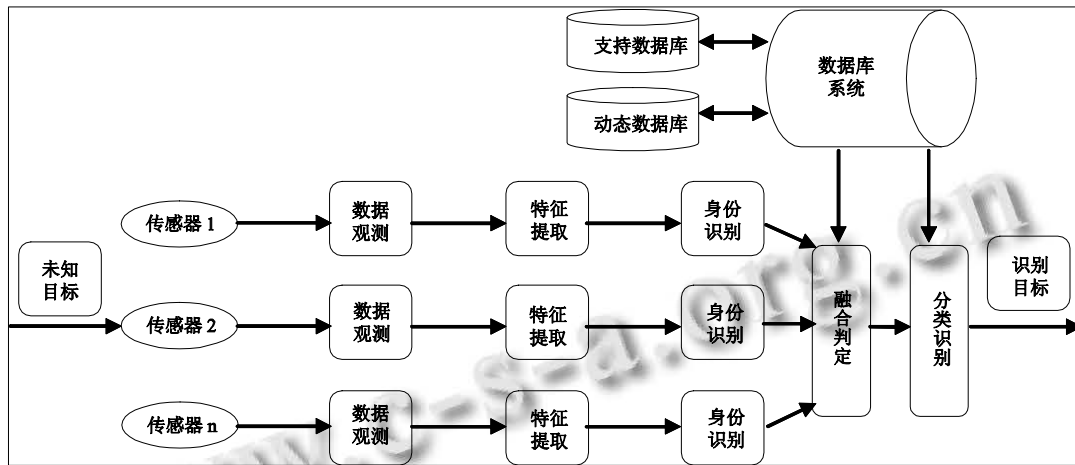


图2 决策级的集中式融合目标识别系统结构

1.2 多传感器空中目标识别算法存在的问题

目前,虽然已有许多应用于空中目标识别的多传感器融合算法,但在实际应用中,仍普遍存在以下几点问题:

- (1) 如何获得可靠的隶属度、基本概率赋值等;
- (2) 如何在战场存在多个空中目标和多条件相关事件环境下,通过选用合适的算法来克服计算量大的问题;
- (3) 如何解决多传感器空中目标识别中不同等级信息源数据的融合问题,并最终提高目标识别的准确性;

在研究过程中,根据空中目标识别的模型,选择合适的融合算法,并通过多种算法的综合应用,从而解决了存在的问题并达到更好的识别效果.

2 多传感器空中目标识别融合算法比较

按概念分类^[3],目标识别的融合算法主要有:(1)物理模型算法;(2)参数分类;(3)基于认识模型的算法;(4)综合识别算法.如图3所示.

2.1 物理模型算法

基于物理模型的目标识别技术试图准确地建立可观测数据或可计算数据的模型,这类方法中包括卡尔曼滤波、最大似然估计、最小二乘法等.尽管实际中已经很少使用,但在基础研究工作中却使用这种方法.

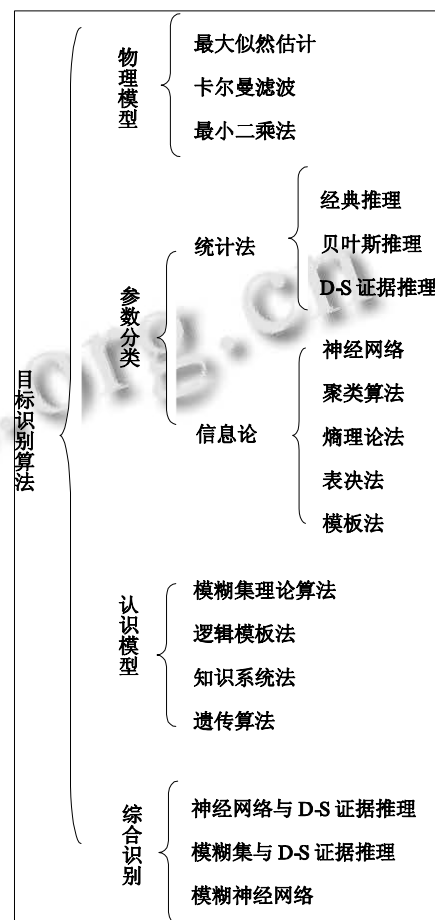


图3 目标识别融合算法概念的分类

2.2 参数分类算法

基于参数分类的目标识别算法是目前应用最广泛的一类算法。该算法不采用物理模型,而是直接在参数化的数据和身份报告之间进行映射。参数分类算法可进一步分为基于统计的算法和基于信息论技术的算法。

2.2.1 基于统计的算法

经典推理法描述在给出目标存在的假设条件下,所观测到的数据与标识相关的概率。经典推理法虽然能提供判定误差概率的一个度量值,但存在着用于目标分类的变量的密度函数获取困难等突出缺点。贝叶斯推理算法需要先验概率,而在目标识别中这种先验信息难以获得或不够精确,同时当存在多个假设目标和多条件相关事件时,计算复杂性迅速增加。可见,经典推理法和贝叶斯算法在目标识别的实际应用中具有很大的局限性。

D-S 证据理论是 Bayes 推理的推广,证据理论可处理由不知道所引起的不确定性,采用信任函数而不是概率作为度量,通过对事件概率加以约束以建立信任函数而不必说明难以获得的概率^[4]。由于直观性强、易于描述等优点,目前在目标识别领域中被广泛应用于多传感器数据融合处理。文献[5]在研究 D-S 证据理论的基础上,引入证据可信度矩阵,从而解决多传感器综合目标识别中不同等级数据的融合问题,最终提高了目标识别的准确性和有效性。

2.2.2 基于信息论的算法

在不同的情况下,多传感器数据融合目标识别并不需要用统计的方法直接模拟观测数据的随机形式,而是依赖于观测参数与目标身份之间的映射关系来对目标进行识别。这类方法称为基于信息论的融合识别算法,这类算法包括神经网络法、熵理论法、表决法和聚类算法等。

人工神经网络是利用神经网络具有学习能力强的特点,将多个分类器的输出结果进行融合,根据融合分类的结果与正确分类结果的差值,对分类器的加权进行调整,网络收敛后就可以实现多分类器的融合。神经网络目标识别算法中前向多层神经网络及其逆推学习(BP)算法应用广泛。文献[6]在特征量测向量已知的条件下,应用神经网络对目标进行识别,并针对目标样本重叠时新算法的误识率较大的缺点,进一步采用 LVQ 网络与新算法相结合的方法对目标进行识别。

聚类分析是利用生物科学和社会科学中众所周知

的启发式算法,根据预先指定的相似标准把观测分为一些自然组或聚集,再把自然组与目标预测类型相关。这种方法是属性说明和分析观测数据的有效方法,通信情报和电子情报站的分析中常使用这种方法。

模板法通过对观测数据与先验模板匹配处理,来确定观测数据是否支持由模板所表征的假设。

熵法把多个传感器的观测数据组合成特征来说明,适用于实时性要求很强的系统,是用目标识别中的一种新算法。

2.3 认识模型算法

基于认识模型的目标识别算法,是模仿人类处理信息的方法得出分类结果。这类技术包括模糊集理论算法、逻辑模板法、知识系统法和遗传算法等。

模糊集理论算法不仅有丰富的融合算子和决策规则,还考虑了信源的重要程度,因此在融合识别中相对于 D-S 证据理论更具有优势。文献[7]在多传感器数据融合的目标识别应用中,引入了模糊测度和模糊积分,并给出了模糊积分应用于决策层数据融合目标识别的通用技术路线,最终为信源重要程度提供了度量方法。

遗传算法是一个群体的优化过程,它是由一组初始值出发进行优化,优化过程就是这个群体不断繁衍、竞争和遗传、变异的过程。因此遗传算法过程主要是一个进行自动的特征优化选择的过程。

逻辑模板法实质是一种模式识别的基本技术,可以对逻辑关系进行处理。主要用于事件探测或态势估计所进行的多传感器信息融合,也用于单个目标特征估计。

知识系统法依赖于专家知识的表示,要通过数字符号特点或基于推理的特点来表示对象的特征。主要用于实现较高水平的推理,如目标识别、态势评定、威胁估计等。

2.4 综合识别算法

目前应用于目标识别的多传感器的信息融合技术,往往单个算法已经不能满足实际应用要求,为了提高目标识别率,提出了结合多算法进行综合的研究。应用比较广泛的包括:神经网络与 D-S 证据理论推理、模糊集与 D-S 证据理论推理以及模糊神经网络等。

D-S 理论与神经网络结合的目标识别系统,就充分利用了 D-S 理论处理不确定问题的优势和神经网络强大的非线性处理能力,利用神经网络的自学习能力,解决了 D-S 理论中基本概率赋值难以获取的问题。

随着目标识别技术的日益成熟,生成一个主要的研究方向是将模糊推理和神经网络适当地结合起来,吸取两者的优点,可组成比单独的神经网络或单独的模糊系统性能更好的系统.基于 D-S 理论和模糊神经网络目标识别方法的系统,通过神经网络来增强模糊推理过程后,可以有效地获取规则和调整隶属度函数,最终使得 D-S 理论得到更加准确的基本概率赋值,从而提高了目标识别效果.

文献[8]针对目标识别中基本可信度分配需要专家知识在实际中难以实现的问题,提出一种基于神经网络和 D-S 证据理论相结合的多传感器数据融合的方法.该方法利用 D-S 理论来表示和处理不精确的、模糊的信息,发挥神经网络的自学习、自适应和容错能力,提高了系统的目标识别率.文献[9]结合模糊推理和神经网络两种方法的优点,从网络的结构、工作过程、学习算法等方面,探讨了一种基于模糊神经网络(FNN)的目标识别方法.文献[10]针对复杂环境下侦察设备获得的空中目标信息具有模糊性和不完整性的特点,采用模糊理论和证据推理相结合的方法,利用多部雷达获得的多元信息对空中目标进行识别.

3 实验仿真

在仿真实验中,先构造识别框架, $U=\{A, B, C, D\}$,其中 A 为轰炸机, B 为运输机, C 为直升机, D 为地空导弹,因为 A、B 具有相似的飞行特征,所以在识别过程中常常难以识别,本实验中以 A 为假定的识别目标.并选用 Ladar、ESM、IR 三种类型的传感器,分别用 m_1 、 m_2 、 m_3 表示.

首先,利用 D-S 证据算法与 Bayes 推理算法分别进行目标识别的融合,识别结果比较如表 1 所示.

表 1 两种方法的比较

	A	B	C	D
Bayes 推理算法	0.3165	0.2975	0.2226	0.1634
D-S 证据算法	0.3536	0.3152	0.2064	0.1248

上述例子验证了 D-S 证据推理算法在目标识别的应用比 Bayes 推理更有效.

接着,通过实验来比较 D-S 理论分别与 BP 神经网络和模糊神经网络结合后的目标识别效果.

通过 MATLAB 中的神经网络工具箱,首先利用数

据库中雷达传感器的 100 个探测结果中的前一半作为训练样本,分别对雷达的 BP 神经网络和模糊神经网络进行训练,同理 IR 和 ESM 也是如此.通过样本训练后,将后 50 个数据输入已训练好的网络,得到的结果即为三个传感器对目标的基本概率赋值.

表 2 经 BP 神经网络输出的基本概率赋值

	A	B	C	D
m_1	0.3727	0.3468	0.1723	0.1082
m_2	0.3689	0.2745	0.2089	0.1477
m_3	0.3149	0.3803	0.1224	0.1824

表 3 经模糊神经网络输出的基本概率赋值

	A	B	C	D
m_1	0.4379	0.3581	0.1063	0.0977
m_2	0.4118	0.3819	0.1065	0.0998
m_3	0.3801	0.3519	0.1403	0.1277

再根据 D-S 证据理论,对三个传感器的基本概率赋值进行融合计算,最终可得 D-S 与 BP 神经网络以及 D-S 与模糊神经网络两种方法的目标识别效果.两种方法比较如表 4.

表 4 两种方法比较

	A	B	C	D
D-S 与 BP 神经网络	0.4974	0.4159	0.0533	0.0334
D-S 与模糊神经网络结合	0.5736	0.4027	0.0134	0.0103

结果表明,将模糊神经网络与 D-S 结合不仅能够提高目标 A 和目标 B 的区分程度,还弥补了 BP 神经网络与 D-S 理论结合方法的不足.可见,模糊神经网络与 D-S 理论结合的方法具有十分广阔的发展前景.

4 展望

战场上的目标识别是一个综合多学科的复杂领域.目前国外已经研制出一批具有代表性的系统,例如英国的飞机敌我识别系统(ZFFF)、美国装备宙斯盾巡洋舰的协同作战能力(CEC)系统、欧洲的 BETA 系统(战场维护与目标探测系统)等.国内虽也有不少高校与科研院所从事多传感器目标识别方面的理论研究,但目前还缺乏成型的产品.

在今后的战场中,目标识别系统的发展趋势主要有以下几个方面特点:(1)从单传感器目标识别向多传感

(下转第 5 页)



图 4 实验设备及结果

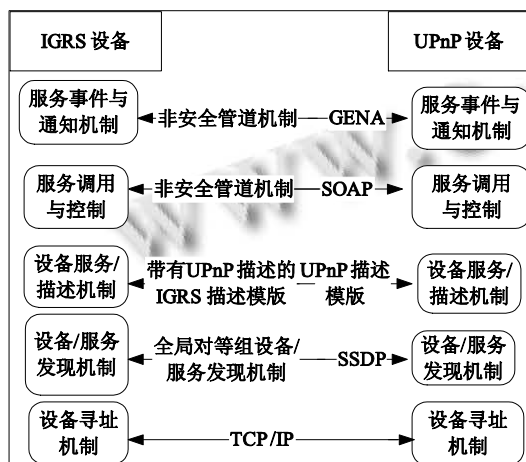


图 5 为 IGRS 与 UPnP 设备交互示意图

本文对 IGRS 和 UPnP 协议的工作机制做了深入分析, 并且对 IGRS 和 UPnP 的工作机制异同做了比较, 由此提出 IGRS 和 UPnP 协议的互联的可能性, 最后提出了两个协议互联的具体解决方案. 从理论上可以得出基于两种协议的设备互联可以实现, 但是在实现细节上还有有待研究的问题.

参考文献

- 1 信息设备资源共享协同服务(IGRS)基础协议印刷稿(第一部分).2005:4-9.
- 2 徐练.IGRS 中的智能互联基础寻址协议.计算机工程与应用,2004,33.
- 3 樊金涛.数字家庭网络中 IGRS 和 UPnP 双协议栈研究与实现[硕士学位论文].济南:山东大学,2008.
- 4 谢侃.基于 IGRS 闪联协议的智能组网方法研究及应用[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2009.
- 5 徐刚,邓中亮,杨军.IGRS 和 UPnP 协议互联机制分析.电子设计应用,2006,1.
- 6 胡艳萍,杨威,陈援非,张全,朱珍民.IGRS 和 UPnP 协议转换引擎的设计方法.计算机工程,2011,11:28-29.

(上接第 13 页)

器信息融合的目标识别发展;(2)从一维点、线目标的识别向二维图像的解译和面目标的识别发展;(3)从提取完整信息目标的识别向遮挡、隐藏和残缺目标的识别发展;(4)从院校单一的目标识别算法研究向院所结合进行目标识别体系研究发展.

参考文献

- 1 王元斌,夏学知.多传感器综合目标识别技术研究.舰船电子工程,2004,142(4):9-12.
- 2 陈志杰,朱晓辉,朱永文.多传感器目标识别融合模型研究.现代防御技术,2008,36(5):85-87.
- 3 徐小琴.多传感器数据融合目标识别算法综述.红外与激光工程,2006,35:323-324.
- 4 孙慧影,张彦军,崔平远.用 D-S 证据理论方法实现多传感器

数据融合.青岛科技大学学报,2003,24(5):463-465.

- 5 兰旭辉,熊家军,陈劲松.基于证据可信度的综合基于证据可信度的综合目标识别方法.传感器与微系统,2010,(9).
- 6 王晓东.数据融合中基于神经网络的目标识别方法研究.西北工业大学,2006.
- 7 刘永祥,黎湘,庄钊文.基于 Choquet 模糊积分的决策层信息融合目标识别.电子与信息学报,2003,25(5):695-699.
- 8 范晓静,胡玉兰.基于神经网络与 D-S 证据理论的目标识别.沈阳理工大学学报,2007,(5).
- 9 孙宝琛,时银水,朱岩.基于模糊神经网络的目标识别.光电与控制,2005(03):50-54.
- 10 沈文,李彦鹏,王宏强.基于模糊隶属度及证据理论的空中目标识别.科技信息,2008,35:248-249.