

一种烟幕遮障下的伪装目标协同识别方法

王会鹏，王明忠，邱康

(湖北三江航天红林探控有限公司，湖北 孝感 432000)

摘要：针对单源传感器在迷彩伪装识别特性下的单一性和局限性，提出了一种基于可见光-热红外图像协同识别烟幕遮障下的行人的方法。该方法首先在可见光图像中识别出烟幕遮障，在热红外图像中识别出行人目标，然后利用协同机制最终可以识别出烟幕遮障下的行人。通过本文中实验数据的分析，本文中的方法能够有效地识别出烟幕遮障下的迷彩伪装行人。而且本文中的方法在去除虚警和识别率上都有了大幅度提高。

关键词：烟幕遮障；伪装迷彩；协同机制；目标识别

中图分类号：TP751.1 文献标识码：A 文章编号：1001-8891(2014)05-0404-05

A Cooperative Recognition method for the Smokescreen-cover Camouflage Target

WANG Hui-peng, WANG Ming-zhong, QIU Kang

(Hubei Sanjiang space Hong lin detection and Control Co Ltd, XiaoGan Hubei 432000, China)

Abstract: For single-source sensor in camouflage identifying has the characteristics of isolation and limitations, this paper proposes an approach based on visible-light and thermal-infrared images to identify cooperatively pedestrian under smokescreen cover barrier. The method first identifies the visible image of the smoke barrier cover, identifying target people in the thermal infrared images, and then uses cooperation mechanisms to eventually identify the target barrier under cover of smoke. Through the analysis of experimental data in this article, the method this article proposed can effectively identify the smoke barrier under the camouflage cover target. And the removal of the false alarm and the recognition rate of the method in this article have been greatly improved.

Key words: smokescreen-cover; camouflage fatigues; cooperation mechanisms; target recognition

0 引言

目前世界许多国家为了使自己的现代军队具有昼夜、全天候、大范围监视和捕获目标的能力都在积极为信息战做准备，其中对目标进行准确、有效的识别和跟踪便成为一项重要的任务。在军事应用上由于各种传感器技术的研究和发展受到很大程度的重视，同时也促进了可见光和热红外目标识别技术的发展^[1]。自动目标识别由于其原理和广泛的应用背景，因此在目标跟踪和目标检测领域得到了广泛的应用和发展。除了在军事领域的应用外，在学术和科研领域也得到了深入的研究和发展，如在人脸识别、虹膜识别等。但是由于自动目标识别研究的领域非常广泛，因此自动目标识别成为一个研究的难点和热点。多源传感器协同目标识别是利用多传感器来获得更加准确、更全面

的信息，通过协同处理的可靠性的评价系统、反馈修正和信息交互等多种手段充分发挥各个传感器的优势，使得信息处理更为准确、鲁棒和有效，而且也解决了单传感器所不能解决的难题，提高目标识别精度，实现了充分发挥各个传感器的优势的协同效应^[2]。

可见光和热红外图像是目前国内外图像处理领域的研究热点之一^[3]，本文的研究内容都是基于以上两种传感器进行的。由于可见光和热红外传感器成像机理存在差异，热红外传感器主要靠目标和背景之间的热辐射的差异来凸显出目标。但是由于它对场景中的颜色纹理信息等不能很好的反映出来，不利于人眼的观测^[4]；而可见光却能很好的弥补热红外的这一不足性，它能较好的反映出场景中的明暗信息，以及图像的细节信息，能便于人眼的观测和识别，因此利用可见光和热红外之间的互补作用，发挥可见光的场景反射特

收稿日期：2013-12-20；修订日期：2014-01-14。

作者简介：王会鹏（1986-），男，陕西宝鸡人，设计师，主要研究方向：协同目标识别，图像处理等。

性和热红外的热辐射特性，而且现在可见光和热红外协同处理的应用和研究也有了一定程度的发展^[5]。

目标检测和识别的任务是要精确的定位目标还要对目标进行识别，因此要求所用的传感器不仅要很好的反映目标的细节信息，还要能够反映出目标和背景的差异；此时，可见光和热红外的协同组合就发挥了它们的作用，在可见光传感器获得的数据一般能清晰的反映出图像上的轮廓和边缘等信息，而且利于人眼的观测。在热红外图像中却能很好的反映出要进行检测的目标，而忽略图像的明暗等信息，因此，热红外对可见光来说是一种补充和互补的作用。协同利用两者进行目标协同处理可以充分发挥可见光传感器的反射特性和热红外传感器的热辐射的特点^[6]。

多传感器数据融合是关于协同利用多传感器数据，进行多级别、多方面、多层次信息检测、估计和综合以获得目标的状态和特征估计的一种多级数据自动处理的过程。而基于可见光和热红外的协同目标识别具有综合利用可见光的反射特性和热红外的热辐射特性的特点，是目前目标识别领域的一个研究热点^[7]。

1 烟幕遮障协同伪装目标识别的方法

1.1 烟幕遮障协同伪装目标识别方法描述

目前，基于可见光的烟幕识别技术和热红外中行人识别技术已经很成熟了，但是将两者进行一个协同处理，且将之运用到（可见光）烟幕遮挡下（热红外）的行人协同识别技术中，目前在图像处理领域还是很鲜见的。

因此，为了能达到协同利用可见光和热红外来进行烟幕遮障下的伪装目标（行人）识别的技术，本文就是基于以上的思路来进行研究的。

1.2 可见光-热红外协同伪装目标识别研究进展

多传感器数据融合目标识别原理按信息抽象程度，从输入信息的形式来看，多传感器数据融合可分为三种结构层次：数据级融合，特征级融合和决策级融合。

1) 数据层融合属于低层次的融合。将所有获取的传感器参数融合后得到关于目标的一个融合的特征向量。数据级融合处理的数据量大，代价高。并且受传感器自身的影响，极有较大的局限性。2006年，Zhixi Li 提出了一种多视角的合成孔径雷达数据层融合的算法^[8]。2012年，Al-Osaimi 提出了一种基于空间优化的文本和形状数据层融合的人脸识别方法^[9]。

2) 特征层融合属于中层融合。先将从单传感器获得的数据进行特征提取，然后进行特征层的融合。

特征层融合兼容了数据层融合和决策层融合的优点，具有较大的应用范围。2010年，周建华采用了一种PCA 和 SVM 多生物特征融合的视频人脸识别方法^[10]。2011年，倪翠采用了一种对马尔可夫随机场特征级图像融合的改进的算法^[11]。2012年，Planet. S 比较了基于决策层和特征层的基于声学和语言学的同步的情感识别算法^[12]。2012年，Xiaona Xu 提出了一种特征层融合的多模型识别算法^[13]。

3) 决策层融合属于融合的最高层次。传感器从特征层提取到特征后对目标属性进行独立的决策判定融合，获得整体一致的决策结果。而且决策级融合对原始传感器数据没有特殊要求，融合可采用异质传感器，适应范围比较广泛。2010年，陈亚必提出了一种基于对象模糊密度赋值的决策层融合的算法^[14]。2012年，Bian Yang 提出了一种基于匿名指纹细节身份识别的决策层识别算法^[15]。

一般的来讲协同属于融合的一种，而且目前针对烟幕遮障下的协同目标识别虽然取得了一定的研究成果，但是还处于探索阶段，所以本文在前人的研究基础上采用了一种协同利用可见光-热红外传感器进行目标识别的方法。

1.3 协同识别策略

基于以上的分析和研究，本节针对可见光和热红外的烟幕遮障目标进行协同识别，其算法的流程图如图1所示^[16]。

本文中的协同处理算法主要有3个组成部分^[16]。

CPC（协同处理中心）：主要负责协同处理算法中可见光和热红外图像组中的协同满足条件的初步决策（本文中为输入图像组中的某个相应区域烟幕遮障判定的比对，以及对是否进行下一次协同处理的决策）。

CPC 响应函数：主要依据 CPC 输入的图像协同处理的初步结果，然后调用协同处理的响应函数（本文中为调用协同处理函数）。

协同终止条件（CTC）：若经过 CPC 响应函数处理后可见光中的烟幕遮障区域对应到热红外中行人识别部分如果遮挡率大于50%，本文则认定为烟幕遮障下的行人识别结果，并将其输出，否则认定为虚警。可见光-热红外协同处理算法主要有如下3个步骤：

1) 可见光烟幕识别：由于考虑到静止图片中烟雾检测的特殊性，本文在进行烟雾检测时采用颜色矩和K近邻算法。由于颜色矩是一种简单而且有效的颜色特征，而且颜色矩的主要能量集中在颜色矩的低阶矩中，因此本文在计算训练样本和测试样本的时候都对一阶矩进行了归一化，而且经过实际的实验测试发

现本文的归一化能取得好的特征提取的效果。分类器选择 K 近邻是因为本文中的特征是 9 维的文本数值，而且 K 近邻在简单文本分类方面显现出了更加高效性能。K 近邻另一个值得提及的地方就是 K 值的选择，经过大量独立的实验后本文选择了 K=5 时能取得较好聚类效果^[17]。

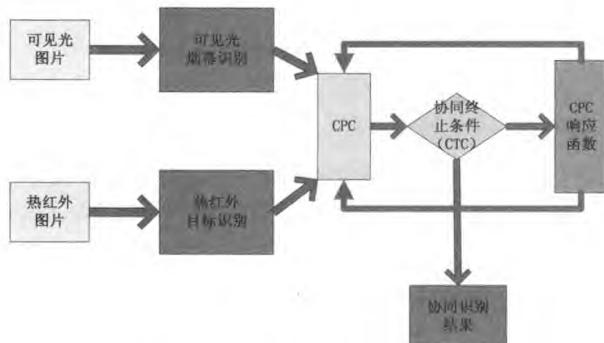


图 1 可见光-热红外协同处理框图

Fig.1 Visible and thermal infrared Collaborative processing diagram

2) 热红外目标识别：由于本文中的目标识别的对象主要为行人，因此本文选择了在行人检测技术比较成熟的 HOG 特征^[18]和 SVM 分类器^[19]，由于 HOG 和 SVM 都已经很成熟了，本文不做过多解释^[20]。

3) 协同处理结果生成：协同处理结果生成属于协同的最终阶段，对应到算法框架中就是协同处理中心（CPC），在 CPC 中对于红外识别的结果进行逐个判别，首先对红外识别结果的对应区域对应到可见光的相同位置进行检测，如果满足烟幕遮障的条件即输出烟幕协同识别结果，如果在可见光烟幕检测中不满足此条件，随即 CPC 响应函数进行下一个目标的判断。在此判定期间如果在红外目标识别的结果中满足目标识别的结果，但是对应到可见光中时判定为非烟区域，此时 CPC 中将此结果判定为虚警并抛弃此检测结果。

2 仿真实验

本章算法以可见光-热红外同步烟幕遮障图片组作为输入，基于图像配准算法得到配准后的可见光-热红外实验数据，分别进行可见光图像中的烟雾的检测和热红外图像中的目标（行人）检测，最终通过协同处理得到协同处理后的结果。为验证本章算法的有效性和优越性，从以下测试数据集、评价指标和实验结果等几个部分分别进行分析和阐述。

2.1 测试数据集的选择

由于现有的公共数据库中针对烟幕遮障的目标检测的还不是很完善，在结合本文自身的需求，因此

本文选择自建数据库中的 3 个不同场景的可见光-热红外的烟幕遮障目标（行人）检测来进行实验的结果分析和验证，其中本章中的可见光-热红外同步图像组是由实验室成像仪拍摄，每个场景的视频组长度平均为 5 min20 s，图像组的分辨率为 641×540。

本文主要的工作是基于可见光-热红外图像的协同目标识别，其中可见光中的烟幕遮障图片的拍摄的三个实验环境分别为白天野外山地、白天校园户外和白天丛林，其中的检测目标主要为行人，其它还有山丘和树木。而且本文的发烟设备主要是烟饼和发烟桶，经实验验证，烟雾的效果总体不错。

2.2 性能评价指标的选择

在协同识别定量性能评估方面，可以用 3 个重要的指标来评价检测结果的好坏，分别是：检测率、漏检率和虚警率。其中漏检率和检测率之和为 1，由于本文主要采用的是协同烟幕遮障下的目标识别的方法，考虑到课题的研究的特殊性，因此本文选用检测率和虚警率两者的综合作为性能的评价指标，具体的检测率 P_d （公式 1）和虚警率 P_f （公式 2）可由下面的公式可得：

$$P_d = \frac{D_{\text{num}}}{T_{\text{num}}} \quad (1)$$

$$P_f = \frac{F_{\text{num}}}{D_{\text{num}}} \quad (2)$$

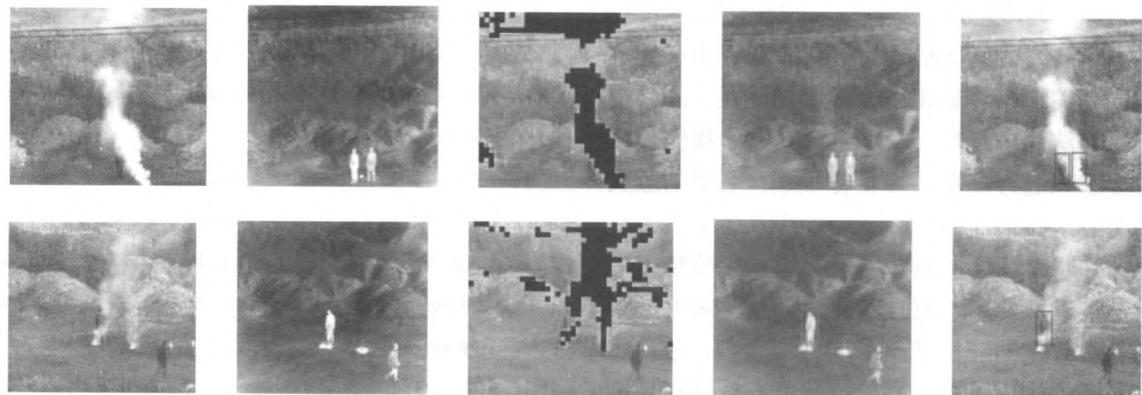
式中： D_{num} 为算法检测出来的正确目标数目； T_{num} 为真实目标数目； F_{num} 为虚警的目标数目。而且由实验结果得出协同识别时可以相对的提高检测率和降低虚警率。

从多源协同烟幕遮障目标识别整体来看，可见光图像具有能很好的反射特性，因此很利于本文进行烟幕的检测和识别，而且经过大量的测试实验，本文中的烟幕识别算法就有相当高的识别率。而热红外图像中对烟幕遮障下的目标具有很好的热辐射效应，因此利于本文进行目标（行人）的检测，本文中的 HOG 和 SVM 都来源于经典的算法，经测试在复杂背景下也能获得很好的识别率。最后本文中的协同识别算法综合了可见光中进行烟幕识别和红外中目标识别的优点，从上面的实验也可以看出针对不同的场景本章的算法在克服虚警的同时很好的抑制了虚假目标。

图 4 分别给出了可见光、热红外以及协同识别在 3 个不同场景数据集上的典型结果对比。由于可见光图像中的背景的复杂性类似于烟雾的背景很多，尽管很多的类似烟雾被去除，但是还存在一些背景造成的虚假烟雾，如图 2、3 和 4 图像组中的(c)所示；对于热红外图像的目标检测，尽管目标能被很好的检测并

识别出来，但是仍难以克服背景起伏和噪声引起的虚假目标，如图2和3图像组中的(d)所示；但是如果场景中目标距离比较近或者多个目标组合成一个目标

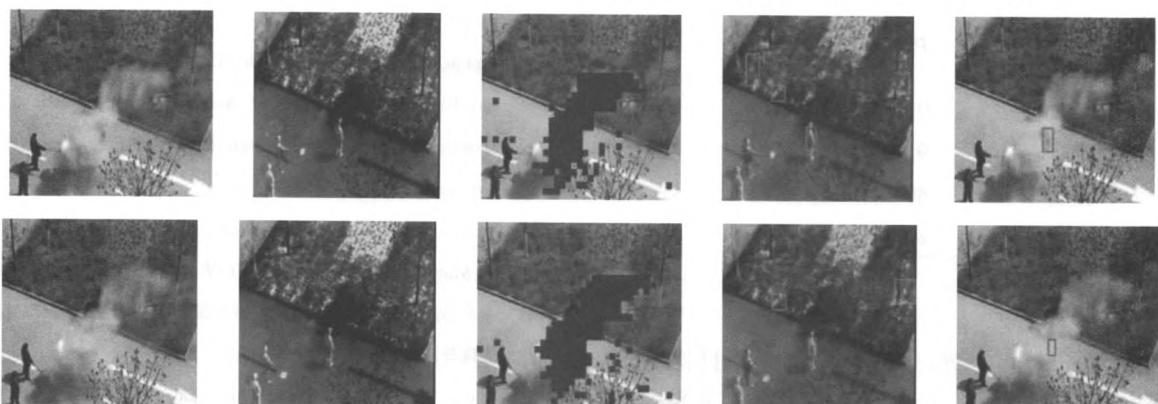
时，这时是对本文中的检测算法的一个严峻的挑战，例如4图组中的红外检测结果(d)，这时本文算法就会把这些“组合”的目标当作一个目标处理。



(a)可见光原始图像 (b)热红外原始图像 (c)可见光烟幕检测结果 (d)热红外中目标检测结果 (e)协同目标识别处理后的结果
(a)visible image (b)thermal infrared image (c)visible smokedetection results (d)target thermal analysis
(e)cooperative target recognition after processing

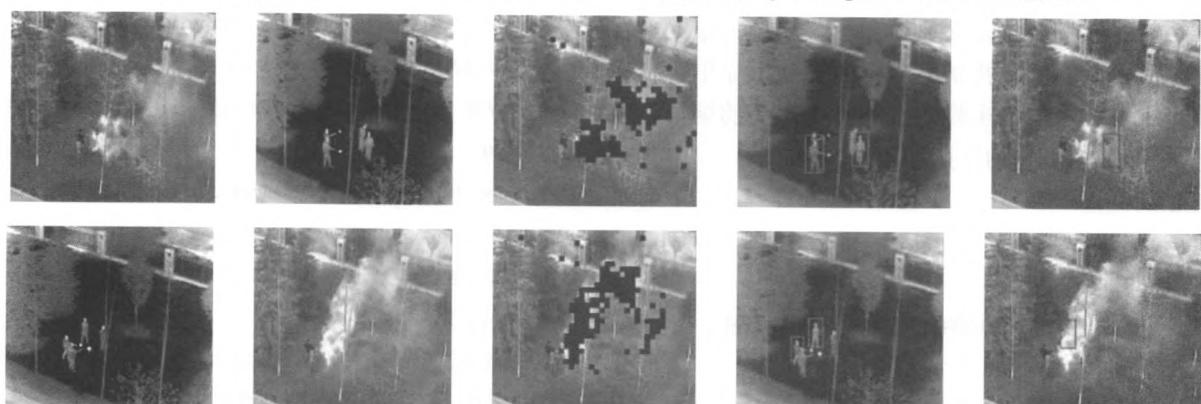
图2 可见光-热红外协同目标识别场景一结果对比

Fig.2 Comparison of visible and thermal infrared cooperative target recognition scene one results



(a)可见光原始图像 (b)热红外原始图像 (c)可见光烟幕检测结果 (d)热红外中目标检测结果 (e)协同目标识别处理后的结果
图3 可见光-热红外协同目标识别场景二结果对比

Fig.3 Comparison of visible and thermal infrared cooperative target recognition scene two results



(a)可见光原始图像 (b)热红外原始图像 (c)可见光烟幕检测结果 (d)热红外中目标检测结果 (e)协同目标识别处理后的结果
图4 可见光-热红外协同目标识别场景三结果对比

Fig.4 Comparison of visible and thermal infrared cooperative target recognition scene three results

表1定量给出了本章算法在3个不同的场景汇总的识别结果的对比。由表1可知,本章的协同识别算法在烟幕遮障识别都表现出了良好的效果。整体的平均检测率为88.5%,平均虚警率为12.08%,在三个场景下的各100组数据测试结果的平均检测率和虚警率对于我们研究的烟幕遮障识别要求都能满足,而且也显示了本文算法的可行性。重点在于本文中我们使用了协同的方法来进行烟幕遮障目标识别,主要的意义在于本章算法不仅可以有效的识别烟幕遮障下的目标,这对于后期的进行多源协同检测和识别分情况处理具有一定的参考价值,而且本文的烟幕遮障协同识别自身也具有一定的理论和实际的应用价值,即可以对烟幕遮障下的行人进行识别,因此,本算法在这些方面是比较具有研究和参考意义的。

表1 基于可见光热红外协同目标识别算法性能比较表
Table 1 The comparative table based on visible-thermal infrared performance of cooperative target recognition algorithm

数据及评价指标的对比	$P_d/\%$	$P_f/\%$
场景一	93.37	11.33
场景二	91.68	10.74
场景三	80.45	14.48
平均值	88.50	12.08

3 结束语

本文主要针对可见光-热红外烟幕遮障目标下的目标(行人)进行识别,并分别介绍了在可见光中进行烟幕检测的颜色矩特征和K近邻算法,以及在热红外中进行行人检测的梯度灰度直方图和支持向量机的方法;针对烟幕遮障类型的手段,本文根据烟幕遮障的数据特性采用了协同识别的手段,通过大量的实验验证,在复杂场景或背景下本文的算法都显出了自身的优越性,而且通过实验数据的分析本文的烟幕遮障协同识别算法都表现出了良好的效果。

参考文献:

- [1] 吕泽华,梁虎,唐赫,等.目标跟踪研究综述[J].计算机工程与科学,2012,34(10): 92-97.
- [2] 贾平,徐宁,张叶,等.基于局部特征提取的目标自动识别[J].光学精密工程,2013,21(7): 101-106.
- [3] 刘景正,余旭初,张鹏强,等.新型Canny算法的SAR图像边缘检测[J].测绘科学,2008(1):78-83.
- [4] 李振华,敬忠良,孙韶媛,等.基于目标检测的红外和可见光动态图像融合[J].上海交通大学学报,2005:128-134.
- [5] 罗有敢.图像融合在地目标检测及特征提取中的应用研究[D].湖南:国防科学技术大学硕士论文,2009.
- [6] 梁枫.复杂地面场景下运动小目标检测技术研究[D].湖南:国防科学技术大学硕士论文,2010.
- [7] 张庭厚.多源动态图像序列配准研究[D].上海交通大学硕士论文.上海:上海交通大学,2009.
- [8] Li ZX, Ram M. Narayanan. Data Level Fusion of Multilook Inverse Synthetic Aperture Radar (ISAR) Images[J]. computer society. 2006, AIPR(6th):536-541.
- [9] Faisal R. Al-Osaimi, Mohammed Bennamoun. Spatially Optimized Data-Level Fusion of texture and Shape for Face Recognition[J]. IEEE Transaction on image processing, 2012, 21(2): 859-872.
- [10] 周建华.一种PCA和SVM多生物特征融合的视频人脸识别[J].佳木斯大学学报:自然科学版,2010(4): 89-116.
- [11] 倪翠,关泽群.对马尔可夫随机场特征级图像融合的改进[J].计算机工程与应用,2011, 21(32): 78-99.
- [12] Santiago Planet, Ignasi Iriondo. Comparison between Decision-Level and Feature-Level Fusion of Acoustic and Linguistic Features for Spontaneous Emotion Recognition[J]. IEEE Transaction image processing, 2012, 4(3): 889-901.
- [13] Xu XN, Y Zhao, HJ Li. The Study of Feature-Level Fusion Algorithm for Multimodal Recognition[J]. IEEE Trans, 2012, 20(8): 650-661.
- [14] 陈亚必,朱勇.基于对象模糊密度赋值的决策层融合算法[J].计算机工程与应用,2010, 41(3): 33-45.
- [15] Yang B, Christoph Busch. Decision Level Fusion of Fingerprint Minutiae Based Pseudonymous Identifiers [J]. IEEE Transaction image processing, 2012, 45(7): 445-455.
- [16] Zhang Yan-ning, Tong Xiao-min. Pedestrian Detection Based on Multi-modal Cooperation[J]. IEEE Trans. Multimedia Signal Processing 2008 IEEE 10th Workshop, 2008: 148-152.
- [17] 孙凉艳.基于K近邻集成算法的分类挖掘研究[D].西安:西北大学,2010.
- [18] Dalal, N. Histograms of oriented gradients for human detection[J]. Computer Vision and Pattern Recognition, 2005, 1(1): 886-893
- [19] 宋娇.基于支持向量机的上市公司财务危机预警研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- [20] 朱长军,王民钢,王超,等.地面背景下基于SURF的红外目标识别方法[J].红外技术,2013, 35(09):551-554.