

文章编号: 1672-8785(2022)09-0028-05

基于红外序列图像的特定 目标智能检测

孙晨红 杨笑天 王 梁

(陕西航天技术应用研究院有限公司, 陕西 西安 710100)

摘 要: 红外成像探测技术是目前以及未来军事作战需要倚仗的重要技术。以卫星红外序列遥感图像为处理对象, 采用人工智能相关技术对图像数据进行目标检测。针对序列图像检测到的特定目标进行关联分析, 并通过目标灰度提取以及运动变化信息来生成特定目标的轨迹报告。实验结果表明, 多目标检测的平均正确率为 90%, 部分场景可以达到 95%, 误检率为 7%; 多目标跟踪的平均正确率为 91%, 误检率为 6%, 为及时发现和预警特定目标提供了信息支撑。

关键词: 红外图像; 红外序列; 目标检测; 目标跟踪

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2022.09.005

Intelligent Detection of Specific Target Based on Infrared Sequence Images

SUN Chen-hong, YANG Xiao-tian, WANG Liang

(Shaanxi Academy of Aerospace Technology Application Co., Ltd., Xi'an 710100, China)

Abstract: Infrared imaging detection technology is an important technology that military operations need to rely on at present and in the future. In this paper, satellite infrared remote sensing image is taken as the processing object, and artificial intelligence related technology is used to detect the target of image data. Based on the correlation analysis of the specific target detected in the sequence image, the trajectory report of the specific target is generated according to the extracted gray scale and motion change information of the target. The experimental results show that the average accuracy rate of multi-target detection is 90%, which can reach 95% in some scenes, and the error detection rate is 7%. The average accuracy of multi-target tracking is 91%, and the error detection rate is 6%. They provide information support for timely detection and early warning of specific targets.

Key words: infrared image; infrared sequences; target detection, target tracking

收稿日期: 2022-05-11

作者简介: 孙晨红(1988-), 女, 陕西韩城人, 工程师, 主要从事航天遥感技术应用及系统论证工作。

E-mail: c_h_sun_92@126.com

0 引言

随着信息技术与高科技战争技术的飞速发展,制空权在现代化战争中占据极其重要的地位。由于红外成像技术具备多角度、多方位探测,打击目标快速,较好抵抗红外诱饵干扰等特点,已经成为目前及未来军事作战中的重要技术依据^[1]。

同时,为满足现代战争早、准、稳发现敌方目标的军事需求,基于星载红外探测器获取的序列图像和两颗及以上卫星观测得到的数据进行目标定位、目标跟踪、运动参数提取和目标类型识别,从而实现红外特定目标监测。此外,通过综合天基平台和红外传感器远距离探测、广范围覆盖、高精度测量、强隐蔽性等优势以及深度学习在图像识别领域占据的主导地位^[2-4],红外序列图像目标智能检测已经成为目标跟踪的主要技术途径。

本文通过检测特定目标在图像中的坐标、运动速度和中心灰度等信息,人为设定特征结合分类器来对候选窗口进行分类判断。结合序列图像中目标运动的连续性和轨迹的一致性得到的目标运动信息,实现多角度、全方位探测并快速预警。

1 关键技术

1.1 基于光流法的目标检测技术

光流法用于目标检测时是给图像中的每个像素点赋予一个速度矢量,形成运动矢量场^[5]。在某一特定时刻,图像上的点与三维物体上的点一一对应。这种对应关系可以通过投影计算得到。根据各个像素点的速度矢量特征,对图像进行动态分析。如果图像中没有运动目标,则光流矢量在整个图像区域是连续变化的。当图像中有运动物体时,目标和背景存在着相对运动。由于运动物体形成的速度矢量和背景的速度矢量有所不同,可计算出运动物体的位置^[6]。本文采用光流法进行特定目标的检测。

1.2 基于卡尔曼滤波和匈牙利匹配算法的多目标跟踪技术

卡尔曼滤波是一种线性、无偏、方差最小的统计估值方法,适用于含有不确定信息的任何动态系统。该算法使用匀速模型进行速度的预测^[7-8],通过系统输入输出观测数据来对系统状态进行最优估计。算法中的当前值是基于前一个估值和最近一个观察数据进行的信号估值,不需要全部的历史观察数据^[9]。本文使用卡尔曼滤波进行序列图像的特定目标检测与跟踪。

匈牙利匹配算法是一种在多项式时间内求解任务分配问题的组合优化算法^[10],主要用于解决指派问题。该算法的核心是寻找增广路径,并将其匹配边和非匹配边相互交换,产生一条新的匹配边,直到不出现新的增广路径为止。本文使用匈牙利匹配算法进行特定目标轨迹和检测结果的分配。

2 基于红外序列图像的特定目标智能检测方法

以卫星红外序列遥感图像为处理对象,采用人工智能相关技术对图像数据进行目标检测。针对序列图像检测到的特定目标进行关联分析,并通过目标灰度提取以及运动变化信息来生成特定目标的轨迹报告^[11]。

基于红外序列图像的特定目标智能检测主要包括卫星数据解析、多目标检测、多目标跟踪和目标信息输出四部分。其中,卫星数据解析是按照数据标准格式读入和写出数据;多目标检测是基于图像先验知识来区分特定目标,对特定目标进行模板匹配,并对目标特征进行基于机器学习方法的特定目标检测等;多目标跟踪是充分利用知识图谱特点,实现快速识别、敏感事件关联分析,并基于序列图像中目标运动的连续性和轨迹的一致性得到的目标预测运动轨迹,对周边一定范围内的目标轨迹信息进行搜索;目标信息输出主要是输出目标智能检测与跟踪结果。技术路线如图 1 所示。

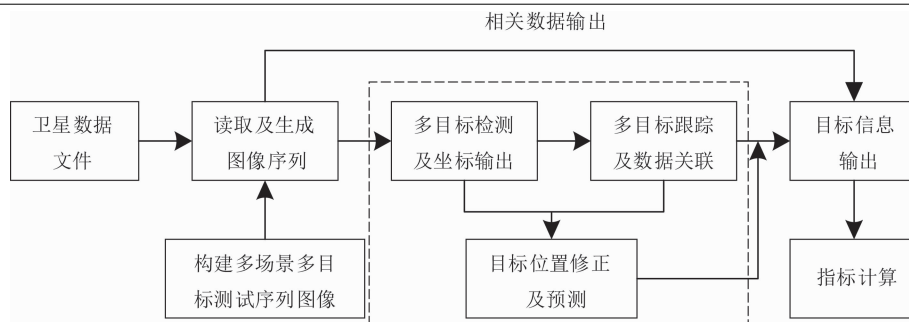


图 1 技术路线框图

首先,通过循环读取多个卫星数据文件生成待检测的图像序列。然后通过构建多场景多目标测试图像序列来测试检测软件程序的性能,并采用光流法对多目标进行检测,输出目标检测框及对应位置。接着采用卡尔曼滤波及匈牙利匹配算法对检测的多目标位置进行数据关联、修正及目标位置预测。最后输出目标信息,并对其进行相应的指标运算。

2.1 卫星数据解析

通过解析获取到的卫星数据文件(以二进制编码的 dat 文件)来获得相关数据参数,并生成可供检测的 jpg 格式的图像序列。解析出的数据参数主要包括文件帧数、长度和偏移、属性、数据时标(年/月/日/时/分/秒/毫秒)、帧计数、参数、东西指向和南北指向等。

按照顺序读取 10 个文件夹中的多个 dat 文件,从而获得目标信息。具体解析方式如下:依次读取 10 个文件夹,在读入第 1 个文件夹后,循环读取文件下的若干 dat 文件。解析前,为了方便循环解析文件中的数据内容,首先定义并设置需要解析的数据类型;然后读取文件头信息(包括文件帧数与长度和偏移);再解析每一帧信息,并计算好每一帧的占位量,进而循环解析读取相应帧中的数据信息;最后将解析的结果保存为 jpg 格式的文件,以 6 位数按照顺序命名,对输入的结果进行检测与跟踪,并将其送入输出模块。一个文件夹结束后自动循环至下一文件夹。

2.2 多目标检测

多目标检测主要是根据图像序列中像素在时间域上的变化、相邻帧间的相关性以及最近

一帧与当前帧之间的对应关系来计算相邻帧之间物体的运动信息^[6],从而实现对图像序列的多目标检测并输出检测结果的坐标位置信息。

本文采用光流法进行多目标检测。该方法基于传感器获得的序列图像进行重采样和去噪等预处理,然后对每一帧图像建立高斯金字塔。从顶层最低分辨率图像开始,最小化每个点邻域范围内的匹配误差和,得到顶层图像中每个点的光流值,进而得出各点的光流场。然后使用阈值分割区分出光流场的前景与背景。阈值的选取采用最大类间方差法(大津算法)来确定。背景与目标之间的类间方差越大,意味着错分概率越小。据此得到运动目标区域。最后,采用形态学滤波中的开、闭运算滤除孤立噪声点^[12]。

2.3 多目标跟踪

多目标跟踪主要是基于卡尔曼滤波预测特定目标的运动轨迹,并采用匈牙利匹配算法进行特定目标的匹配关联^[11],从而实现对图像序列的精确跟踪,并输出目标编号及坐标位置信息的 txt 文件。具体流程如下^[13]:

(1)多目标跟踪首先采用多目标检测输出的数据信息(包括边框和特征信息),同时利用置信度阈值和非极大值算法进行边框过滤抑制。

(2)轨迹处理和状态估计。在运动状态估计中,利用目标检测部分的边框中心坐标、长宽比、高度及对应图像坐标系中的速度信息等 8 个参数进行运动状态描述。其中利用卡尔曼滤波进行运动状态的预测。

(3)更新跟踪器参数和特征集,判断有无目标消失或新目标出现。记录每个目标最近

一次的检测结果和跟踪结果匹配后的帧数, 并将正确关联的检测结果和跟踪结果的参数设置为 0。若帧数超过设置的最大阈值, 结束对该目标的跟踪。

(4) 匹配检测结果和跟踪预测结果。匹配指派已确认状态的跟踪器。其中, 使用匈牙利匹配算法指派问题, 并同时考虑运动信息的关联和目标外观信息的关联。

(5) 再次利用匈牙利匹配算法对基于 IOU 匹配过的未确认状态和未匹配的跟踪器以及未匹配的检测进行算法指派。

(6) 更新匹配的跟踪器参数, 删除再次未匹配的跟踪器, 并将其初始化为新目标。

2.4 目标信息输出

目标信息输出主要是输出目标智能检测跟踪结果, 并按照要求将跟踪结果的 txt 文件转换为所需的 dat 文件。具体流程如下: 在跟踪

输出 txt 文件后, 循环读取跟踪结果文件夹下的 txt 文件。由于跟踪输出的结果只有跟踪序列中目标的轨迹长度以及坐标等位置信息, 所以需要读取并调用输入文件中的轨迹点帧计数、参数等对应信息。调用后将其整合成为完整的 txt 输出文件。同样地, 合并后的 txt 文件的命名也需要读取并调用输入的数据信息。重命名结束后, 定义好要转换的数据类型, 并将 txt 文件按位转换为 dat 文件。最后, 输出转换后的 dat 文件。

3 结果与分析

为了验证本文方法在实现红外序列特定目标智能检测中的应用性能, 进行了仿真实验分析。仿真的特定目标包含以下特性: 目标不存在遮挡情况; 目标图像的分辨率为 1 km 左右; 目标大小范围为 1~50 像素; 目标运动速度为

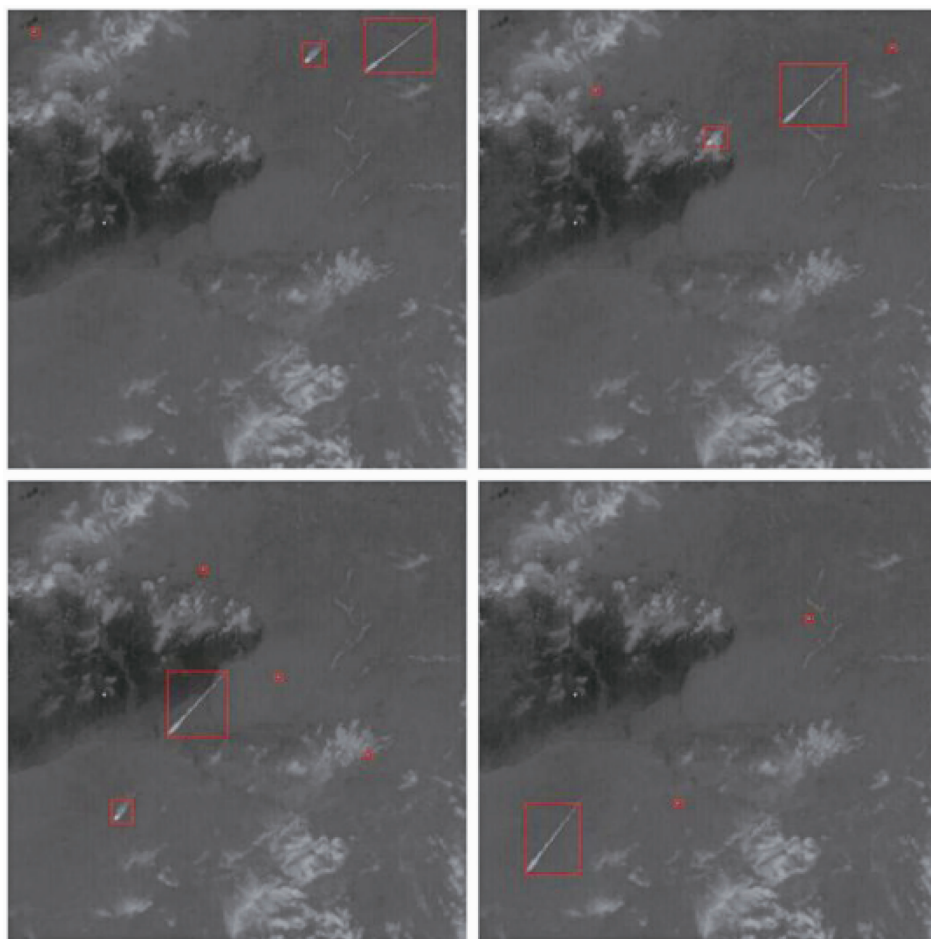


图 2 多目标检测结果

0~7 像素/秒；目标之间的最小间隔为 10 像素；目标尾焰大小为 10~100 像素；目标个数为 1~5。实验环境为 Windows 10 系统。采用 CUDA 和 cuDNN 库进行算法加速。在 Visual Studio 2017 和 Matlab 2015 下进行开发和调试。图 2 所示为多目标检测结果。

通过仿真策略面向多目标检测与跟踪实际应用场景构建模拟样本，有助于对多种困难情景进行针对性分析。采用正确率和误检率作为衡量算法精度的定量指标。正确率定义为测试集中检出的真实目标数量与总目标数量之比；误检率定义为错误检测到的目标数量与总目标数量之比。分别在多目标检测和跟踪两个任务上计算算法相应的精度指标。其中，多目标检测的平均正确率为 90%，部分场景可以达到 95%，误检率为 7%；多目标跟踪的平均正确率为 91%，误检率为 6%。

实验结果表明，本文提出的算法能够准确检测红外序列特定目标，在大尺度、强干扰、弱前景的红外遥感影像上可以取得良好效果。该算法对于前景目标具有较好的区分能力，能够有效捕捉多时相相关特征，在效率与精度的平衡上表现优异，实际应用价值较高。

4 结束语

针对红外序列图像特定目标智能检测应用，本文提出了一种基于卡尔曼滤波和匈牙利匹配算法的特定目标智能检测方法。由于特定目标距离较远，在红外序列图像智能检测应用中可认为特定目标在成像时间内作匀速直线运动。从实验仿真数据可以看出，特定目标智能检测结果较为准确。其中，多目标检测与跟踪的正确率和误检率均达到预期要求，为及时发现和预警特定目标提供了信息支撑。实验结果表明，该方法能够有效提高弱小目标的发现概率，降低虚警率，具有很高的应用价值。在后续的研究中，将注意真实数据的收集和积累，

采用本文方法并尽可能利用真实数据进行目标检测，对比仿真数据与真实数据的准确性，从而进一步提高目标检测精度。

参考文献

- [1] 朱大炜. 基于深度学习的红外图像飞机目标检测方法 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2018.
- [2] 龙云利. 天基红外监视系统目标检测与跟踪技术研究 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2012.
- [3] 延森, 王宏艳. 红外序列图像点目标检测前跟踪算法研究综述 [J]. 兵器装备工程学报, 2020, 41(2): 111-116.
- [4] 李俊宏, 张萍, 王晓玮, 等. 红外弱小目标检测算法综述 [J]. 中国图像图形学报, 2020, 25(9): 1739-1753.
- [5] 吴垠, 李良福, 肖樟树, 等. 基于尺度不变特征的光流法目标跟踪技术研究 [J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(15): 157-161.
- [6] 肖永杰. 基于卷积神经网络的多尺度车辆检测及其域自适应研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- [7] Kalman R E. A new approach to linear filtering and prediction problems [J]. *Journal of Basic Engineering*, 1960, 82(1): 35-45.
- [8] Bewley A, Ge Z Y, Ott L, et al. Simple online and realtime tracking [C]. Phoenix: International Conference on Image Processing, 2016.
- [9] 方国强, 腾克难. 基于序列红外图像的弹道导弹中断目标检测跟踪方法 [J]. 宇航计测技术, 2014, 34(1): 50-56.
- [10] 张晓斌. 智能视频监控中多目标跟踪算法研究及应用 [D]. 苏州: 苏州大学, 2017.
- [11] 张荔哲. 基于深度学习的红外弱小目标跟踪算法研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2021.
- [12] 杨叶梅. 基于改进光流法的运动目标检测 [J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(9): 108-110.
- [13] 薛俊韬, 马若寒, 胡超芳. 基于 MobileNet 的多目标跟踪深度学习算法 [J]. 控制与决策, 2021, 36(8): 1991-1996.