

doi: 10.7690/bgzdh.2016.07.002

基于模板匹配的前视自动目标识别模型

刘云峰^{1,2,3}, 杨小冈⁴, 齐乃新⁴, 付 阁⁴, 李 斌³, 刘书信²

(1. 中国科学院光电技术研究所五室, 成都 610209; 2. 中国兵器工业第 209 研究所七部, 成都 610041; 3. 火箭军驻成都地区军事代表室, 成都 610036; 4. 火箭军工程大学三系, 西安 710025)

摘要: 针对复杂背景条件下的地面目标, 设计一种基于模板匹配的前视自动目标识别模型。分析该模型的基本组成, 对基准模板制备、算法识别策略等关键技术进行讨论, 通过仿真试验进行验证分析。仿真结果表明: 该模型是正确、有效的, 可为相关研究提供参考。

关键词: 基准模板; 自动目标识别; 前视; 红外图像
中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

Forward-looking ATR Model Based on Template Matching

Liu Yunfeng^{1,2,3}, Yang Xiaogang⁴, Qi Naixin⁴, Fu Ge⁴, Li Bin³, Liu Shuxin²

(1. No. 5 Laboratory, Institute of Optics & Electronics, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610209, China; 2. No. 7 Department, No. 209 Institute of China North Industries Group Corporation, Chengdu 610041, China; 3. Rocket Force Military Deputy Office in Chengdu Area, Chengdu 610036, China; 4. No. 3 Department, Rocket Force University of Engineering, Xi'an 710025, China)

Abstract: For the target on the ground under complex background, a forward-looking automatic target recognition (ATR) model based on template matching was designed. The basic components of the model were analyzed, and key techniques including reference template preparation and algorithm identify strategies were discussed. Model were verified and analyzed by simulation. The simulation results verified the correctness and effectiveness of the model, which can provide reference for related research.

Keywords: reference template; automatic target recognition; forward-looking; infrared image

0 引言

随着飞行器制导要求的不断提高, 采用前视景象匹配技术, 直接对目标进行寻的制导成为目前研究的热点与难点课题, 特别关注对可靠性高、适应性好的自动目标识别 (automatic target recognition, ATR) 算法^[1]和复杂背景条件下红外图像地面目标自动识别的研究。为了克服基于知识的 ATR 方法的局限性, 减少复杂背景对自动识别的影响, 出现了基于目标模板匹配的 ATR 方法^[2]。国防科技大学的牛轶峰和沈林成在一种基于变形模板的多目标识别算法中, 引入了人在回路参与控制的思想, 通过仿真实验证明了该方法良好的识别定位功能^[3]; 华中科技大学的张伟和任仙怡考虑到在传统模板匹配算法中由于图像旋转等导致的定位偏差, 给出了一种基于对数极坐标变换和仿射变换的目标识别方法, 通过实验证明了该算法有效地解决了定位偏差的问题, 并且具有较高的稳定性^[4]。笔者在分析 ATR 算法基本情况的基础上, 针对复杂背景条件下的地面目标, 研究设计了一种基于模板匹配的前视 ATR 模

型, 通过 ATR 仿真试验验证了模型方法的有效性。

1 前视 ATR 基本过程

前视成像寻的导引系统的工作过程分为目标搜索、目标识别、目标截获和目标跟踪等过程, 其核心与关键就是目标识别。目标识别分为自动识别和人工识别 2 种工作方式。自动目标识别有 2 种技术途径: 一种是基于模板匹配的自动识别; 另一种是基于知识检测的自动识别。

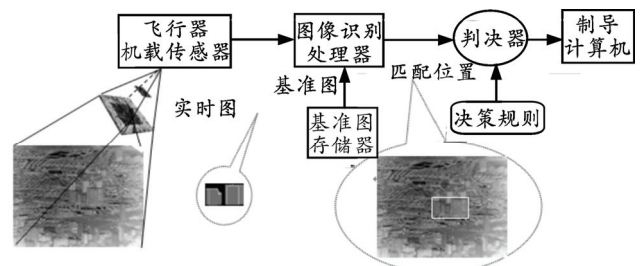


图 1 前视景象匹配制导原理模型

基于模板匹配的目标识别方法是根据目标区的测绘保障信息, 利用坐标变换将目标变为识别点处的前视图像信息, 再根据目标区的景物特征制作基

收稿日期: 2016-04-24; 修回日期: 2016-06-22
基金项目: 国家自然科学基金 (61203189, 61374054)
作者简介: 刘云峰 (1971-), 男, 四川人, 博士, 从事制导、控制与图像识别技术。

准模板并装定到弹上，飞行器在末制导段对获取的前视红外图像进行特征提取，与预先装定的基准模板进行匹配识别，从而实现目标的识别定位，如图 1 所示。基于知识的目标识别方法针对目标红外特征明显、相对背景有较显著差异且背景较为简单的情况而设计。

1.1 基准模板制作

在前视 ATR 制导系统中，模板制作就是依据测绘、侦察与保障部门提供的目标区信息数据，按照一定的要求或准则，经过目标特性分析、坐标投影变换、可识别性评估等环节，生成可以装弹的数字基准图的过程。

在研究目标的可识别特征时，需要针对具体目标研究建立专门的目标可识别性准则，通常包括目标属性分析与场景属性分析 2 部分。在目标属性分析中，要依据基准图数据以及目标识别算法的特点，判断目标是否属于特征显著地物，若为特征显著地物，可以采用直接识别策略；若目标不是特征显著地物，则采取相对定位识别的间接策略。在场景属性分析中，需要对目标重复模式、目标遮挡情况等进行分析。经过上述分析，并结合目标识别算法和导弹飞行约束条件，形成目标攻击方向、识别成像视点空间集合等专用信息。

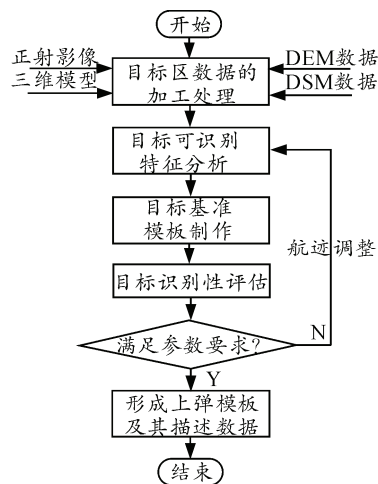


图 2 ATR 基准模板制作流程

在前视目标识别中其模板制备必须考虑成像过程的非可逆情况，充分利用测绘基础数据，预测飞行器运动造成的传感器视点变化，对目标特征的变化情况，从而减少模板与实时图之间的差异。模板制备的基本流程如图 2 所示，根据目标特性的不同，基准图模板制备有基于正射影像的模板制备和基于三维模型的模板制备。基于正射影像的模板制备是

依据飞行器所处的位置、姿态及像机姿态信息(光轴指向)，并结合目标区正射影像图坐标，将正射影像图透视变换为当前视点图像的一种模板制备方法，可以用于制备没有明显高程起伏的地面平坦目标模板。基于三维模型的模板制备是将从目标三维数据及其所处三维场景中提取出的特征矢量，进行有效组织，从而形成二维模板特征，可以较为客观地反映目标空间几何特征，用于周围高程起伏较大的目标模板制备。

1.2 识别算法策略

有了目标的基准图模板数据，目标识别的过程与前面研究的下视景象匹配算法原理类似，只是过程相反，转变为在实时图中找出与基准图模板最相似的位置，进而实现目标在实时图中的精确定位。当前，在 ATR 中的目标识别方法分为目标的直接识别和目标的相对定位。

目标的直接识别利用正射影像制备出的模板图像包含了重要的灰度纹理信息，特别是其中包含了类似于图像边缘、形状等稳定特征^[5]。于是，匹配识别算法设计采用 LOG 边缘强度 Proj 算法，图 3 为基于序列模板匹配的自动目标识别算法流程。

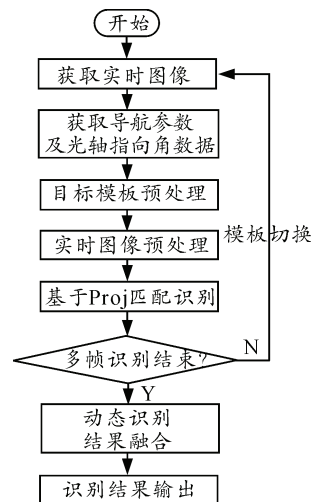
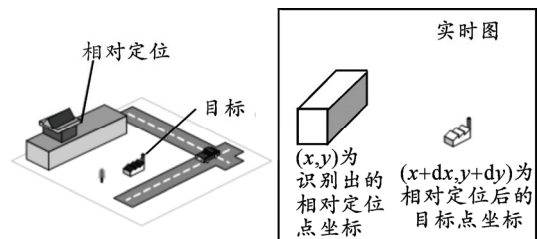


图 3 自动目标直接识别算法流程



(a) 基准图中识别点的选择 (b) 实时图中目标的相对定位

图 4 ATR 相对定位算法原理

对于特征不明显或是地下、半地下等可识别性较差的目标，直接对目标识别有较大难度，可在目标附近选择特征明显、可匹配性高的特征点作为识别点，通过相对定位的方法再解算到目标点。其基本原理如图 4 所示。

相对定位识别算法的难点是识别特征点的自动选定，即如何能保证在基准图中所选取的识别特征点在实时图中对应位置也具备良好的可匹配性，这需要对目标及周围场景特性进行系统而深入的研究，形成可靠且准确的分析准则。同时，还要解决由识别特征点到目标点的相对定位算法问题，实现地理坐标系、弹体坐标系和成像坐标系之间的变换。由于视点位置误差，光轴指向误差、弹体姿态误差等将导致相对定位存在偏差，通常在相对定位后，要在解算位置处进行二次识别。

2 ATR 仿真试验与分析

基于现有保障数据及目标序列数据，采用文中给出的基于序列模板匹配的 ATR 算法进行仿真试验。图 5 给出了 2 种典型目标的红外实时图像。试验过程如下：

- 1) 根据提供的红外图像序列，从提供的数据表格中提取对应的实时飞行参数，形成程序使用的特定格式文件；
- 2) 对于每个目标，根据实时图像飞行方向，在保障数据中人工标注目标瞄准点；
- 3) 结合保障数据及飞行参数，人工交互制作匹配识别基准图模板；
- 4) 动态加载实时图序列及基准图模板序列完成识别运算；
- 5) 统计红外实时图像序列的正确识别概率。

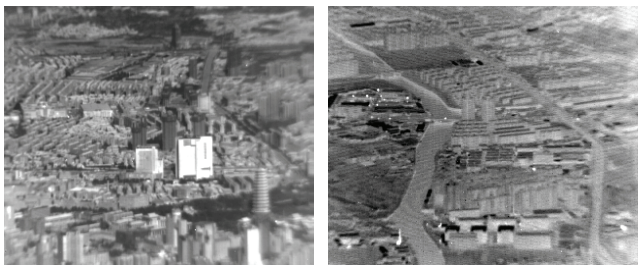
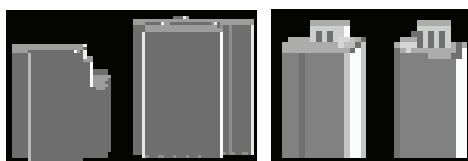


图 5 2 种典型目标的红外实时图像



(a) 目标基准模板图像



(b) 目标识别

图 6 目标识别结果

图 6 给出了与图 5 对应的基于三维模型而制备的基准模板及识别结果。表 1 给出 2 种目标，分别采用 NProd 匹配算法和 LOG 边缘匹配算法的试验统计结果。

表 1 ATR 算法仿真试验结果

目标	图像帧数	NProd 匹配算法		LOG 边缘匹配算法	
		正确匹配数	匹配概率/%	正确匹配数	匹配概率/%
1	802	681	84.9	790	98.5
2	452	280	61.9	340	75.2

从以上可以看出：文中算法对目标 1 取得了较为满意的匹配概率，而对目标 2 的识别能力较差。从图像本身的特征可以看出：在目标 2 图像序列中，目标的特征并不明显，且图中的重复模式较多，这种情况下可以考虑采用相对定位方法，利用目标附近河流的边缘不变特征进行识别定位。

3 结束语

笔者在分析 ATR 算法基本情况的基础上，针对复杂背景条件下的地面目标，研究设计了一种基于模板匹配的前视 ATR 模型，包括相应的基准模板制备、算法识别策略、动态结果融合等关键内容，并通过仿真验证了该模型的有效性。

参考文献：

- [1] 李长文, 胡永琴, 张建生. 陆基远程巡飞武器装备发展研究[J]. 飞航导弹, 2013(11): 20-24.
- [2] Marsiglia G, Fortunato L, Ondini A, et al. Template matching techniques for automatic IR target recognition in real and simulated scenarios: tests and evaluations[C]. Proc. SPIE 5094, Automatic Target Recognition XIII: 159-169.
- [3] 牛轶峰, 沈林成. 基于变形模板的多目标识别与定位[J]. 电子与信息学报, 2006, 28(6): 1026-1030.
- [4] 张伟, 任仙怡, 张桂林, 等. 基于对数极坐标变换和仿射变换的目标识别定位方法[J]. 中国图像图形学报, 2006, 11(9): 1255-1259.
- [5] Zheng Y F, Doennann D. Robust Point Matching for Nonrigid Shapes Preserving Local Neighborhood structures[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2006, 28(4): 643-649.