

文章编号: 1001-3806(2009)06-0630-03

## 基于光学相关的运动目标跟踪识别技术研究

邵 珺<sup>1,2</sup>, 沈学举<sup>1</sup>, 李 刚<sup>1</sup>, 周中亮<sup>1</sup>, 高鸿启<sup>1</sup>, 严世华<sup>1</sup>

(1. 军械工程学院 光学与电子工程系, 石家庄 050003; 2. 西北核技术研究所, 西安 710024)

**摘要:** 为了提高系统的识别精度和抗噪性能, 在相关处理的基础上, 针对相关峰采用了图像流来判断其运动特性, 进而通过管道滤波的方法区分噪声和相关峰, 进行了理论分析和实验验证, 取得了系统对运动目标的识别数据。结果表明, 该方法利用序列图像中目标运动的连续性和轨迹的一致性的特性, 大大提高了识别精度和抗噪性能。这一结果对运动目标跟踪识别是有帮助的。

**关键词:** 信息光学; 相关识别; 管道滤波; 图像流; 运动目标

**中图分类号:** TP75 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2009.06.020

### Study on identification and tracking technology for moving targets based on optical correlation

SHAO Jun<sup>1,2</sup>, SHEN Xue-ju<sup>1</sup>, LI Gang<sup>1</sup>, ZHOU Zhong-liang<sup>1</sup>, GAO Hong-qi<sup>1</sup>, YAN Shi-hua<sup>1</sup>

(1. Department of Optical and Electronic Engineering, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China; 2. Northwest Institute of Nuclear Technology, Xi'an 710024, China)

**Abstract:** In order to improve the recognition precision and anti-noise capability, based on correlation process, the moving property of correlation peak was judged according to the image flow, and the noise and target were distinguished with pipeline filter method, then the real target was obtained. Analytical and experimental results show that the recognition precision and anti-noise capability are increased by the improved pipeline filter for making good use of the characteristics of moving continuity and track consistency in an image sequence. The result is helpful to the tracking and identification of moving targets.

**Key words:** information optics; correlation recognition; pipeline filter; image flow; moving targets

## 引 言

随着数字信号处理器的发展, 实时运动目标跟踪系统已普遍应用于交通管理、卫星测控、计算机视觉、安全监控、视频编码以及军工等领域<sup>[1-3]</sup>。在相关光学识别处理系统中, 对单帧图像进行处理很难避免各种复杂背景和高噪声带来的影响, 容易造成误判, 检测的可靠性不高。为了更好地识别和定位目标, 充分利用序列图像的帧间相关性和目标运动的连续性, 必须研究针对运动目标的序列图像跟踪识别技术。

众多学者及科研人员对序列图像的检测进行了相应研究<sup>[4-6]</sup>。国内外学者就序列图像中运动目标的检测作了大量的研究, 比如光流法、神经网络、自适应滤波器、特征匹配等等, 它的基本任务是从图像序列中检测出运动信息, 简化图像处理过程, 得到所需的运动矢

量, 从而能够识别与跟踪物体<sup>[7-8]</sup>。作者在光学相关识别的基础上, 对相关峰的识别引入了序列图像跟踪识别技术, 通过对输入图像作相关处理, 使目标信噪比提高, 然后采用结合图像流的管道滤波方法识别输出的相关峰图像, 使得系统的识别效果有了明显的改善。

## 1 光学相关识别

作者采用光学匹配滤波相关器(vander lugt correlator, VLC)混合处理系统。VLC的基本结构是光学4f系统, 它是基于透镜的光学傅里叶变换性质, 采用空间匹配滤波来实现目标图像的光学相关识别。其原理如图1所示, 来自图像传感器的场景图像输入到空间光调制器1(space light modulator, SLM), 并通过它转换为相干光学图像(采用准直激光作相干照明), 经光学傅里叶变换透镜L<sub>1</sub>变换后, 在其焦平面SLM<sub>2</sub>上得到输入图像的光学傅里叶频谱, 与SLM<sub>2</sub>上参考物体的共轭傅里叶谱, 即参考物体的匹配滤波器相乘。再通过光学傅里叶变换透镜L<sub>2</sub>进行逆傅里叶变换, 在其焦平面上得到输入图像与参考物体的相关匹配结果。该

作者简介: 邵 珺(1984-), 女, 硕士, 研究方向为光信息处理。

E-mail: sj\_opt@163.com

收稿日期: 2008-10-17; 收到修改稿日期: 2009-04-21

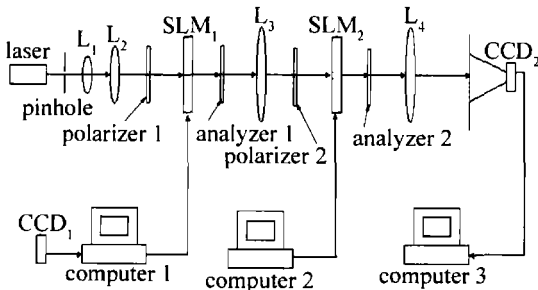


Fig. 1 Structure of real-time hybrid photoelectric matched filtering correlation recognition system

识别匹配结果经探测器采集后进行判定,即可识别出场景图像中是否含有参考物体。这样就实现了实时光学模式识别。

通过光学相关处理,输入图像转化为相关峰图像,目标以相关峰的形式处理,形状简单规则,信噪比和对比度显著提高,从而有利于识别。随着 SLM 和计算全息技术的发展,为匹配滤波器设计提供了条件,逐步实现了待识别目标图像的空间畸变不变光学相关识别,并得到了广泛的应用<sup>[9]</sup>。

## 2 基于图像流的移动式管道滤波方法

管道滤波实际上是一个时空滤波器<sup>[10-11]</sup>,如图 2 所示。它是在序列图像的空间位置上以目标为中心建

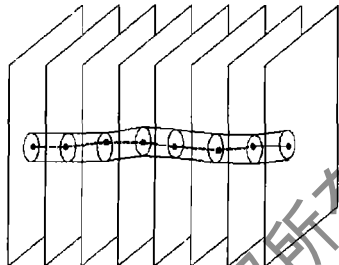


Fig. 2 Principle of pipeline filter

立的一个空间管道,如果管道是圆形的,管道的直径代表空间的作用尺寸,管道的长度代表检测时间的长度。在一次检测中管道可以有多个。假设检测时间对应图像的帧数为  $n$ ,在  $n$  帧图像中同一个管道中有  $m$  帧检测到目标,则认为此管道中存在目标。

管道在每帧图像上的管心都是上一帧图像该管道所检测到目标对应的空间位置,如果某一帧误判,检错目标,会造成后续的检测出错。单帧精度要求比较高,即使轨迹有规律也免不了出错;而图像流在对运动目标进行检测时,能有效地利用多帧图像的运动信息,将目标的运动特征和运动轨迹的连续性、一致性结合起来考虑,有利于提高检测性能。因此,为了保证检测的可靠性,本文中通过图像流来修正管道滤波管心位置,提高精度。

场景中模式的运动在图像平面上投影产生的速度

场称为图像流。图像流约束方程是图像流分析的基础,它建立了图像平面上任意一点  $(i, j)$  在图像辐射时空梯度变化与该点瞬时速度  $(u, v)$  之间的关系式:

$$E_x u + E_y v + E_t = 0 \quad (1)$$

式中,  $E_x, E_y$  和  $E_t$  分别为灰度函数  $E$  关于  $x, y$  和  $t$  轴的偏导;  $u$  和  $v$  为目标在  $x$  和  $y$  轴上的速度。

在连续的多帧图像中,运动目标和噪声点表现出不同的运动属性:在图像序列中考虑连续的  $J(J > 2)$  帧图像,每帧图像上有  $K$  个可能的目标点,则对于任何一个目标点在连续的  $J$  帧图像里有  $J$  个图像流约束方程,这些方程在速度平面  $(u, v)$  上表现为直线,称之为运动约束直线。目标点由于运动的连续性,与之相对应的图像流具有一定连续性,同一目标运动轨迹上的各点,它们的运动约束直线在速度平面上相交于公共的一点,如图 3 所示,同一目标运动轨迹上的各点,

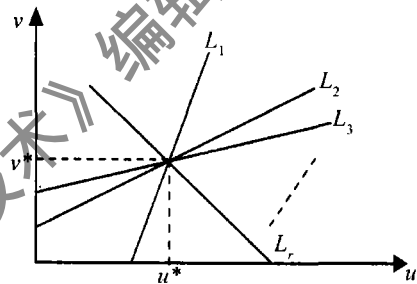


Fig. 3 The focusing of motion constraint line on the velocity plane

它们的运动约束直线(如图中  $L_1, L_2, L_3$  所示)必然在速度平面上交于公共的一点;而噪声则是随机的,同一噪声点在连续的多帧图像中不可能连续出现,因此其运动约束直线(如图中  $L_c$  所示)不可能相交于一点。这样,根据同一像素或邻域点在连续图像里运动约束直线是否聚集于一点,就可以在可能的目标点集合里有效地检测出真正的目标。

具体来说,运动目标图像处理步骤如下:(1)参量初始化:设定图像帧数  $N$ ,目标上限  $M$ ;(2)连续输入  $N$  帧图像后开始工作;(3)将第 1 帧图像作为当前帧,对其从左上角开始逐个像素搜索,找出所有候选目标点  $P_i (i = 1, 2, 3, \dots)$ ,并记录位置;(4)先利用图像流法确定候选目标点  $P_i$  的管心在下一帧的位置  $P_{i+1}$ ;(5)到  $P_{i+1}$  对应的小邻域内找是否有可疑目标点存在,如果有,计数器加 1,并将其设为当前位置;若没有,则跳过该帧,并转到其下一帧继续搜索;(6)重复执行步骤(4),直到  $N$  帧图像全部搜索完毕;(7)处理完  $N$  帧后,判断计算器的输出值,如果大于  $K$ ,则判定  $P_i$  为目标,并标记其坐标位置,否则将其剔除;(8)转至下一目标,对其执行(4)~(8)各步骤,直至处理完整个图像序列;(9)更新图像,转到步骤(3)继续判决过程;(10)将所有对应于目标坐标位置置 1,其它像素置 0,输出目标轨迹。

### 3 实验及分析

以某型战略轰炸机为识别目标,作了如下试验:采用的场景图像如图4a所示,图4b为该战略轰炸机的模板,即参考物体,并制作出匹配滤波器如图4c所示,

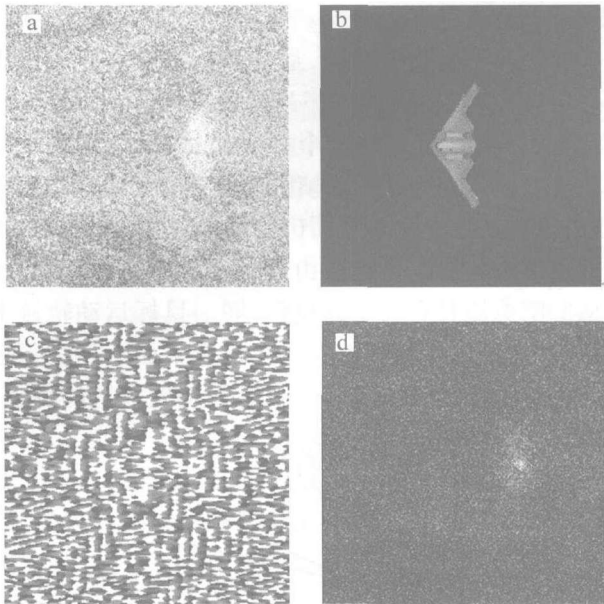


Fig. 4 Images in optical correlation process

得到输入图像与参考物体的相关匹配结果如图4d所示。该识别匹配结果经探测器采集后、使用一定技术进行判定,即可识别出场景图像中是否含有参考物体。

首先,试验测试了光学相关处理对图像信噪比的改善效果,对比输入的初始图像(见图4a)与相关峰图像(见图4d),可以明显看出后者的信噪比得到了明显的提高。数据记录也证实了这一点:输入图像的信噪比为1.2,相关峰图像的信噪比为4.6。

图5显示了通过管道滤波提取的目标轨迹,其中

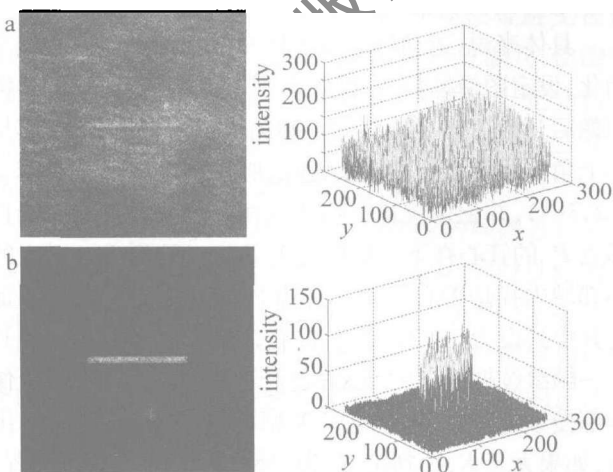


Fig. 5 Track from moving target of correlation peak images

图5a为20幅相关处理后的相关峰图像的直接叠加及其3维图,可以看出目标轨迹很不明显,图5b为最后

输出的目标轨迹及其3维图像。

采用2种方法,分别进行了50次运动目标检测,从统计识别正确率的试验结果可以看出:管道识别正确率为50%,改进方法识别正确率为95%,改进方法取得了良好的识别效果。

### 4 结论

在目标识别中,预先根据待识别目标模板制作匹配滤波器,光学相关处理可以快速使复杂的图像转变为较易识别的相关峰图像,然后在管道滤波方法中引入图像流预测目标的运动特征,利用序列图像中运动目标速度的连续性区分噪声、干扰和目标。这样在对所检测到的单帧结果进行快速光学处理提高检测目标信噪比的基础上,又针对运动目标,通过对序列图像采用改进后的管道滤波的技术确保了更高的识别正确率。试验表明,这种方法取得了良好的效果。该方法主要针对平移目标,当目标存在垂直于观察面的旋转式时,要结合旋转畸变识别方法,如采用多重复合滤波器进行相关识别。

### 参考文献

- [1] YANG Ch, ZENG Q Y, ZHU D Y. *et al.* Study on the target location in solar blind ultraviolet detecting system [J]. *Laser Technology*, 2008, 32(2): 141-146 (in Chinese).
- [2] SONG X F, RAM N. A model-based vehicle segmentation method for tracking [J]. *Computer Vision*, 2005, 2(2): 1124-1131.
- [3] YANG L M, GUO L H. A novel method of aircraft structure feature extraction in sky background [J]. *Optical Technique*, 2007, 33(3): 406-408 (in Chinese).
- [4] ZHANG X G, ZHAO E L, WANG Y J. A new algorithm for tracking gray object based on mean-shift [J]. *Optical Technique*, 2007, 33(2): 226-229 (in Chinese).
- [5] WANG J Q, SHI Z L, HUANG Sh B. Detection of moving targets in video sequences [J]. *Opto-electronic Engineering*, 2005, 32(4): 13-15 (in Chinese).
- [6] ZHANG H, MA C W. A detecting algorithm for IR moving point-source target based on image flow analysis [J]. *Journal of Projectiles Rockets Missiles and Guidance*, 2006, 26(4): 269-271 (in Chinese).
- [7] LIU H D, QIN Sh Y. Recognition and servo tracking of moving target based on image features [J]. *Chinese Journal of Scientific Instrument*, 2008, 29(3): 645-647 (in Chinese).
- [8] YANG F T, LUO J L, LIU Zh Q. *et al.* Comparison of six phase unwrapping algorithms [J]. *Laser Technology*, 2008, 32(3): 324-326 (in Chinese).
- [9] SHEN X J, WANG Y Zh. Feature extraction arithmetic researching based on Fourier analysis in optical correlation recognition [J]. *Laser Journal*, 2008, 29(1): 51-52 (in Chinese).
- [10] LIU J. Research on infrared image preprocessing and dim targets detection [D]. Xi'an: Xidian University, 2006: 36-47 (in Chinese).
- [11] BLOSTEIN S D, RICHARDSON H S. A sequential detection approach to target tracking [J]. *Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 1994, 30(1): 197-211.