

文章编号: 0253-2239(2009)04-0970-04

楔环形贫点阵探测器探测机制仿真研究

文鹏程 王向军

(天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072)

摘要 介绍了一种新的微小型楔环形贫点阵红外探测器,着重研究了其特殊的探测机制。采用合并像素的方式仿真生成楔环形贫点阵图像,借助对数极坐标变换分析得出,它在中心处信息量大,在边缘处信息量小。以灰度直方图作为统计手段和依据,采用自适应类直方图实时阈值分割的方法,完成目标的检测;采用基于状态机循环处理的目标跟踪方法,对目标可能所处的状态进行划分,并利用序列图像估计位置和速度信息,完成目标的跟踪。应用基本图元对楔环形贫点阵图像进行测试,对于不同形状不同朝向的基本图元,结合像元灰度值之间的比例关系,能够将其区分。结果表明,楔环形贫点阵探测器用于目标探测与识别的可能性是存在的,继续相关研究很有意义。

关键词 探测器; 探测机制; 贫点阵图像; 楔环; 低分辨率; 微小型

中图分类号 TN215 **文献标识码** A **doi**: 10.3788/AOS2002904.0970

Simulation Study on Detecting Principles of Wedge-Ring Poor Pixels Detector

Wen Pengcheng Wang Xiangjun

(State Key Laboratory of Precision Measuring Technology & Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract A new micro wedge-ring poor pixels infrared detector is presented, and its special detecting principles are expatiated. The simulated wedge-ring poor pixels images are formed by merging picture elements. Further, with the help of log-polar transformation, it can be easily found that there is much information in the center and little on the edge. Based on grey histogram, targets are detected by using an adaptive real-time threshold segmentation algorithm, and are tracked by adopting a tracking algorithm. In the tracking algorithm the possible states of target were partitioned, and the target position and velocity were estimated on the basis of sequence images. Utilizing the basic geometric figures the wedge-ring poor pixels images are tested. For the different shape basic figures with different orientations, their externalities are mostly different. Even though some have similarities, they can be distinguished by the proportion of pixels' grey values. The results show that the possible application of poor pixels detector in the target detection and recognition system and it is very significant to continue corresponding research.

Key words detectors; detecting principle; poor pixels image; wedge ring; low resolution; miniaturization

1 引言

目前,红外探测器已从单元和多元扫描式发展到焦平面阵列成像式,大探测面积和多像元是其发展趋势^[1,2]。但是,微小型红外探测器的研究仍具有自身潜在的应用价值。当探测器成像面像元数目很少时(一般为几个到几十个像元),称之为贫点阵探测器。它工作于长波红外波段,具有体积小、重量轻、感光性好、探测帧率高等特点^[3],十分有助于微小型高速红外目标探测系统的实现。贫点阵探测器

有楔环形和矩阵形两种形式。贫点探测器楔环形直径小于 3 mm,贫点探测器矩阵形小于 3 mm × 3 mm。由于楔环形具有旋转不变性和尺寸扩缩不变性等优点,因此本文主要针对楔环形贫点阵探测器展开研究工作。

2 楔环形贫点阵图像仿真

楔环形贫点阵探测器的制备工作尚处于前期实验阶段,暂无成品可供使用,为了研究其探测机制,

收稿日期: 2008-08-15; **收到修改稿日期**: 2008-10-26

作者简介: 文鹏程(1981—),男,博士研究生,主要从事微小型红外目标探测方面的研究。

E-mail: victorlionwen@yahoo.com.cn

导师简介: 王向军(1955—),男,教授,博士生导师,主要从事计算机视觉、微光机电系统等方面的研究。

E-mail: xdocuxjw@vip.163.com

需要仿真具有楔环形贫点阵信息的图像。

楔环形贫点阵仿真图像可以采用合并像素的方式由红外多点阵图像生成,其变换示意图如图 1 所示。

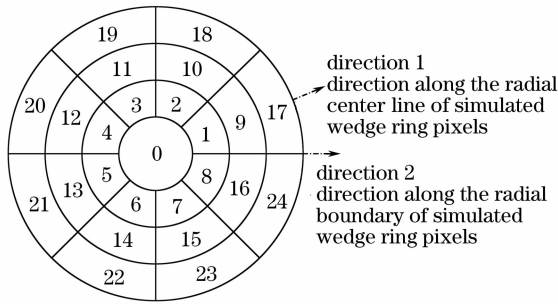


图 1 楔环形贫点阵仿真图像示意图

Fig. 1 Schematic of simulated wedge ring poor pixels image

在原始红外多点阵图像中进行图像遍历,借助极坐标变换,统计出图 1 中每个数字所标区域内的总像元数 $a[i]$,同时将该区域内每个像元的灰度值相加存入 $b[i]$,求平均值 $c[i]=\text{取整运算}(b[i]/a[i])$,则 $c[i]$ 为仿真图像中每个大像元的灰度值。其中, i 取值 $0\sim 24$,每个仿真像元存在的灰度误差最大为 0.5。

楔环形贫点阵图像属于低分辨率图像,具有以下一些特点:

- 1) 楔环形贫点阵图像只是一些明暗相间的点阵,类似于马赛克图像,不能反映出与目标外在形状相同或相近的特征;
- 2) 楔环形贫点阵图像无纹理信息,更加没有阴影,无法表达细节;
- 3) 楔环形贫点阵图像像元个数少,尺寸大,各像素相互独立,相关性较小。

这些都为目标的探测与识别带来很大难度,传统的应用于红外多点阵图像的理论算法已不能完全适用于楔环形贫点阵图像,需要探索新的技术途径。

3 楔环形贫点阵图像对数极坐标展开

楔环形贫点阵探测器是一种空间变分辨率视觉探测器^[4,5],其感受单元是非均匀分布的。借助对数极坐标变换^[6],通过楔和环的离散化将图像进行均匀性展开。

设整个楔环形贫点阵图像的直径为 $4R$,每个圆环的环径为 R ,像元对应的角度为 $n\pi/4$ (n 取 $0\sim 7$ 的整数),则其对数极坐标展开图如图 2 所示。在 ξ 坐标轴上,外围三个环宽比为 $\ln 2:\ln(3/2):\ln(4/3)$,将其各值扩大 10 倍并取整,为 $7:4:3$ 。在 ψ 坐标轴

上,以 $\pi/4$ 为一个坐标单位,总共有 8 个单位长。这样,楔环形贫点阵图像的 25 个像元就展开为 25 个图像块。

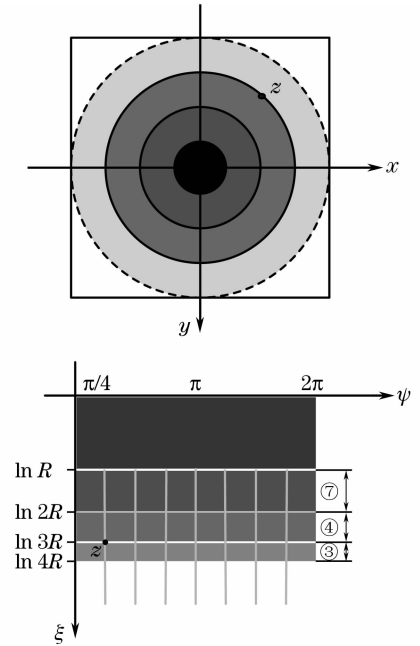


图 2 楔环形贫点阵图像对数极坐标展开图

Fig. 2 Log-polar transformation of wedge-ring poor pixels image

由图 2 清楚地看到,楔环形贫点阵图像在中心处信息量大(映射到对数极坐标展开图中表现为占据图中上方的大块面积),在边缘处信息量小(映射到对数极坐标展开图中表现为只占据图中边角的一小块面积),应用其进行目标探测与识别时应尽可能保持目标处于楔环探测中心。

4 楔环形贫点阵探测系统目标跟踪方法

考虑算法实时性要求,以灰度直方图作为统计手段和依据,采用自适应类直方图实时阈值分割的方法,完成目标检测^[7]。如果得到的只有一个可疑的目标点,就给出其对光轴(楔环探测中心)的位置偏差;如果是多个可疑目标点,计算它们的质心,计算公式为

$$x_0 = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n F(x,y)x}{\left[\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n F(x,y) \right]},$$

$$y_0 = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n F(x,y)y}{\left[\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n F(x,y) \right]},$$

然后求取质心与光轴的位置偏差。驱动伺服机构,不断减小偏差量,使目标落在光轴上,也就是落在楔环探测中心。

基于状态机循环处理的目标跟踪方法是一种自

适应决策方法^[7]，它将跟踪过程状态化(或叫数字化)，根据目标成像位置离楔环探测中心的距离远近来对目标在跟踪过程中可能所处的状态进行划分：

- 1) 正常跟踪状态：目标位于楔环探测中心；
- 2) 小偏离状态：目标位于偏离中心位置一个小的距离的区域；
- 3) 大偏离状态：目标位于偏离中心位置一个大的距离的区域；
- 4) 目标丢失状态：目标位于探测视场范围之外；

5) 重新捕获状态：通过调节焦距、改变视场范围来自动搜索目标。

跟踪过程分为两个阶段，如图 3 所示。第一阶段，目标正常跟踪前，由于此时目标的位置、运动方向和速度大小均未知，需要根据序列图像估计上述参数，调整伺服机构，达到正常跟踪；第二阶段，目标正常跟踪后，通过目标现有运动状态，实时更新相关参数，完成各状态的不断转换，保持正常跟踪。

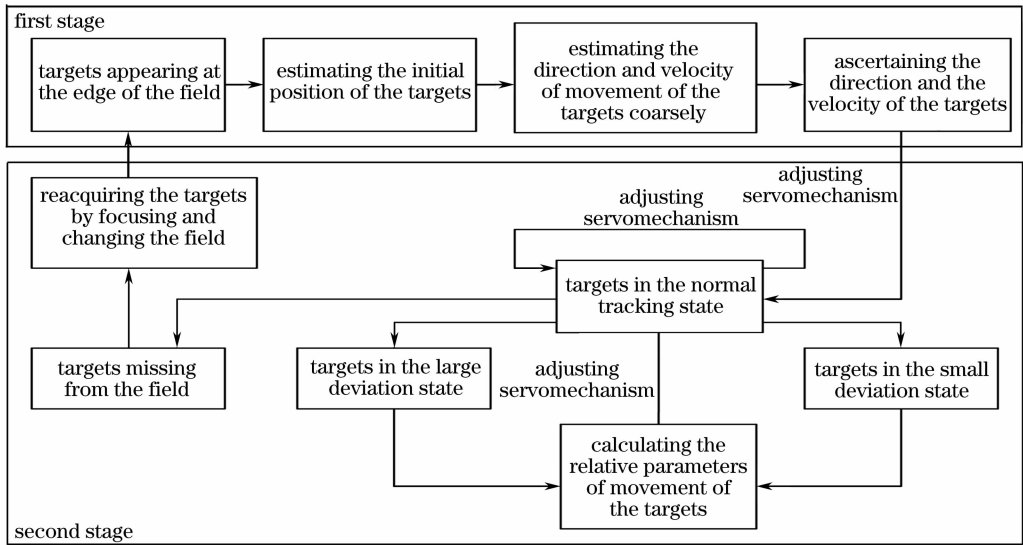


图 3 跟踪过程状态转换示意图

Fig. 3 Schematic of states switching when tracking targets

5 基础测试

测试装置示意图如图 4 所示，其中离轴抛物面镜准直仪能够保证红外成像系统获得的辐射通量最大^[8]。靶目标选用圆、椭圆、正方形、矩形、正三角形、直线等基本形状。

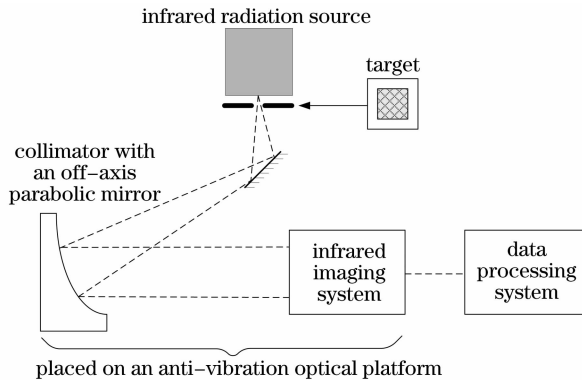


图 4 测试装置示意图

Fig. 4 Schematic of the testing system

方向为方向 1，定义楔环仿真像元径向分界线方向为方向 2，如图 1 所示，则方向 1 与方向 2 之间的夹角为 22.5° ，且方向 1 与方向 2 沿楔环周向依次交替出现。

测试结果如图 5 所示。

对于不同形状不同朝向的基本图元，楔环形贫点阵图像的外在表现形式多数情况下差异较大。当差异较小时，可以利用像元灰度值之间的比例关系，确定合理的阈值，加以区分。例如椭圆和矩形，区分它们在于比较最外环各像元灰度值的差异，矩形差异较大，椭圆差异较小。同时值得注意的是，当椭圆的长短轴之比很大即椭圆外形很“瘦”时，其楔环形贫点阵图像的外在表现形式与直线类似；当椭圆的长短轴之比很小即椭圆外形很“胖”时，其楔环形贫点阵图像的外在表现形式与圆类似。矩形也存在类似的情况，当矩形的长短边之比很大时，其楔环形贫点阵图像的外在表现形式与直线类似；当矩形的长短边之比很小时，其楔环形贫点阵图像的外在表现

为了叙述方便，定义楔环仿真像元径向中心线

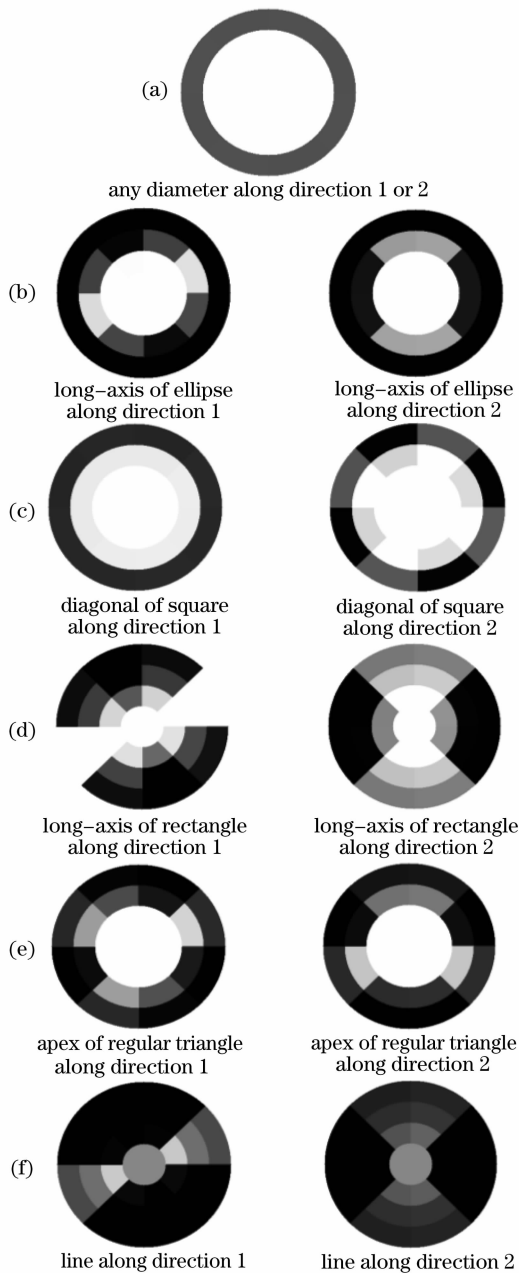


图5 测试结果。(a)圆;(b)椭圆;(c)正方形;(d)矩形
(e)正三角形;(f)直线的楔环形贫点阵图像

Fig.5 Results of testing. Wedge-ring poor pixels image of round (a), ellipse (b), square (c), rectangle (d), regular triangle (e), line (f)

形式与正方形类似。区分它们,也在于寻找像元灰度值之间的关系。例如,直线的楔环形贫点阵图像,其像元灰度值大小反比于像元面积大小;椭圆,其接近楔环中心的像元灰度值与远离楔环中心的像元灰度值之比大于像元面积的反比值;矩形,其接近楔环中心的像元灰度值与远离楔环中心的像元灰度值之

比小于像元面积的反比值。

综上所述,由于自然界中的任何目标均可由基本图元构成,这就为利用楔环形贫点阵探测器进行目标的探测与识别提供了可能。

6 结 论

楔环形贫点阵探测器是微小型红外探测器领域里一个新的研究方向。仿真结果表明,它生成的图像分辨率极低,完全有别于传统概念上的图像,但应用其进行目标探测与识别的可能性仍然存在。采用自适应类直方图实时阈值分割和基于状态机循环处理的方法能够实现目标的检测与跟踪;保持目标处于楔环探测中心,利用图像外在表现形式差异,结合像元灰度值之间的比例关系,能够实现目标的识别。由于探测机制的特殊性,继续相关研究十分有意义。

参 考 文 献

- 1 Cai Yi, Hu Xu. State of art and future trend of detectors for infrared imaging seekers[J]. *Infrared and Laser Engineering*, 2006, **35**(1): 7~11
蔡毅,胡旭. 红外成像寻的器用红外探测器现状和发展趋势[J]. *红外与激光工程*, 2006, **35**(1): 7~11
- 2 J. Ziegler, M. Bruder *et al.*. Advanced sensor technologies for high performance infrared detectors[J]. *Infrared Physics & Technology*, 2002, **43**: 239~243
- 3 Wen Pengcheng, Wang Xiangjun. Multiprocessor poor pixels image acquisition system with low power consumption[J]. *Chin. J. Scientific Instrument*, 2006, **27**(6, suppl.): 1358~1359
文鹏程,王向军. 低功耗多处理器贫点阵图像采集系统[J]. *仪器仪表学报*, 2006, **27**(6, 增刊): 1358~1359
- 4 M. Bolduc, M. D. Levine. A review of biologically motivated space-variant data reduction models for robotic vision [J]. *Computer Vision and Image Understanding*, 1998, **69**(2): 170~184
- 5 E. L. Schwartz, D. N. Greve, G. Bonmassar. Space-variant active vision: definition, overview and example [J]. *Neural Works*, 1995, **8**(7): 1297~1308
- 6 Li Yanjun, Zhang Ke. *Technology and Application of Vision Bionics Imaging Guidance* [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2006
李言俊,张科. 视觉仿生成像制导技术及应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2006
- 7 Liu Meixia. *Target Tracking Algorithm and Simulation with Poor Pixels Information* [D]. Beijing: Beijing University of Aeronautics & Astronautics, 2006. 23~28
刘美霞. 具有贫点阵信息的目标跟踪方法仿真研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2006. 23~28
- 8 Gerald C. Holst. *Test and Evaluation of Infrared Imaging System* [M]. Xu Shiwen *et al.* transl., Tianjin: Newsroom of Infrared and Laser Engineering, 2006. 74~78
Gerald C. Holst. 红外成像系统测试与评价[M]. 许士文等译, 天津: 红外与激光工程编辑部, 2006. 74~78