

红外舰船目标的投影特征比较*

彭浩宇, 王新赛, 张天序

(华中科技大学 图像识别与人工智能研究所
图像信息处理与智能控制教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074)

摘要:在图像分析中,水平积分投影和垂直积分投影被用来描述目标的灰度分布结构,其缺点是很难用简单的关系将旋转前后的积分投影后的曲线与相同的目标对应起来。因此,提出基于圆周投影的圆周积分投影和圆周梯度积分投影两种图像灰度分布的统计方法。与水平积分投影和垂直积分投影方法进行了比较。实验结果表明,圆周积分投影和圆周梯度积分投影曲线具有良好的旋转和尺度不变性。

关键词: 圆周积分投影; 圆周梯度积分投影; 旋转不变性

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2276(2004)01-0059-04

Comparison among projecting features of infrared warship target*

PENG Hao-yu, WANG Xin-sai, ZHANG Tian-xu

(Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence, Key Laboratory of Ministry of Education for Image Processing and Intelligent Control, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: In image analysis, horizontal integral projecting and vertical integral projecting algorithms are usually utilized to describe the gray distribution of targets. If targets rotate, it is difficult to find the relationship among the projecting curves of the same targets in different orientations. In order to overcome this default, two kinds of statistic methods called circular integral projecting and circular grads integral projecting are proposed based on circular projecting. Furthermore those methods are compared with horizontal integral projecting and vertical integral projecting. The experimental result shows that the curves corresponding to circular integral projecting and circular grads integral projecting own excellent steadiness when target rotates and flexes.

Keywords: Circle integral projecting; Circular grads integral projecting; Rotating-invariant

收稿日期: 2003-06-08; 修订日期: 2003-09-20

* 基金项目: 国防科技重点实验室基金资助项目(00JS67.3.1.JW0511)

作者简介: 彭浩宇(1976-), 男, 湖北当阳人, 硕士生, 主要研究方向为小波理论、图像信息处理、模式识别等。

0 引言

在目标识别过程中,对图像的预处理常采用统计的方法。基于灰度直方图统计^[1,2]的门限分割是对像素的灰度分布特性的统计分析,并直接分离目标。但是灰度直方图内没有与像素位置相关的任何信息,并要求同一目标区域的灰度分布均匀。相对于灰度直方图统计更进一步的水平积分投影、垂直积分投影^[3],更多地含有像素的位置分布信息,对于一幅图像可以反映像素灰度区域分布的变化。若图像中同一目标的方向发生旋转,虽然目标的形状、大小均无变化,但水平积分投影、垂直积分投影的投影曲线会发生显著变化,且很难用简单的关系将旋转前后、积分投影后的曲线与相同的目标对应起来。

对目标区域的描述提出大量的算法,如仿射投影的不变矩特征等。其中有两种算法是感兴趣的:(1)方向性方差算子^[4],提出基于目标中心做等角度变化的半径方向的方差计算,以此描述每个区域的灰度分布特性;(2)旋转不变性模板^[5],对二维灰度图像的自相关函数,经过基于圆周的计算,得到以半径为参数的一维归一化自相关函数,满足区域纹理的旋转不变性描述。

针对水平和垂直积分投影的缺点,结合方向性方差算子和旋转不变性模板两个算子基于圆周的特性,提出基于圆周的积分投影,并在半径 r 的圆周上得到投影积分曲线。用归一化的基于圆周的积分投影曲线描述目标的类别特性。

1 几种投影积分变换的方法及原理

1.1 水平和垂直积分投影

1.1.1 水平积分投影

水平积分投影是将一行所有像素点的灰度值进行累加而后再显示。用公式表示为:

$$H(y) = \sum_{x=0}^{n-1} I(x,y)/Total \quad (1)$$

$$Total = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} I(x,y) \quad (2)$$

式中 $H(y)$ 表示水平积分投影; (x,y) 表示像素所处的位置; $I(x,y)$ 表示该像素点的灰度值; n 表示一个图像阵列的列数; m 表示一个图像阵列的行数。公式(1)所得即为归一化的值。归一化的投影图可以使峰值更好地凸显出来。

1.1.2 垂直积分投影

垂直积分投影用公式表示为:

$$V(x) = \sum_{y=0}^{m-1} I(x,y)/Total \quad (3)$$

式中 $V(x)$ 表示垂直积分投影。其他变量与水平投影积分意义相同。

1.2 圆周积分投影

对于圆周积分投影必须确定圆心的位置、投影半径的数值、投影起始相位的数值。

(1) 确定圆心的位置

$$x_0 = \sum_{x=0}^{n-1} xV(x) \quad (4)$$

$$y_0 = \sum_{y=0}^{m-1} yH(y) \quad (5)$$

(2) 确定投影半径的数值

先求目标图像面积 S :

$$S = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{m-1} I'(x,y) \quad (6)$$

再求投影半径 r :

$$r = \sqrt{2S} \quad (7)$$

(3) 圆周积分投影运算

在相移的表达中,习惯以度或弧度来度量。为与习惯表达一致,将圆周采样点数 M 表示为 $M = 360 \times m$ 。圆周积分投影的起始相位 0 定义为二维坐标轴的 X 轴正方向,逆时针方向为角度增加,顺时针方向为角度减少。对于圆周采样点的计算式为:

$$x = r \cos(k\pi/SA) + x_0 \quad (8)$$

$$y = r \sin(k\pi/SA) + y_0 \quad (9)$$

式中 k 为第 k 个采样点; SA 为确定的圆周采样点数。

1.3 圆周梯度积分投影运算

梯度积分投影的定义为:以圆心为起点, θ 方向到圆心距离为 i 的点, 其灰度梯度为 $grad(i, \theta)$, 计算用公式(10)表示。对 θ 方向上的梯度积分投影为 $grad(\theta)$, 计算如公式(11)所示。对每一点上的灰度梯度值定义为:

$$grad(i, \theta) = p(i, \theta) - p(i - 1, \theta) \quad (i = 1, \dots, r) \quad (10)$$

式中 $p(0, \theta)$ 为圆周投影原点的灰度值。

θ 方向上圆周积分投影的计算式为:

$$grad(\theta) = \sum_{i=1}^r grad(i, \theta) \quad (\theta = 0, \dots, SA - 1) \quad (11)$$

梯度的圆周积分投影的投影半径的计算式为:

$$x = r \cos(\pi k / SA) + x_0 \quad (12)$$

$$y = r \sin(\pi k / SA) + y_0 \quad (13)$$

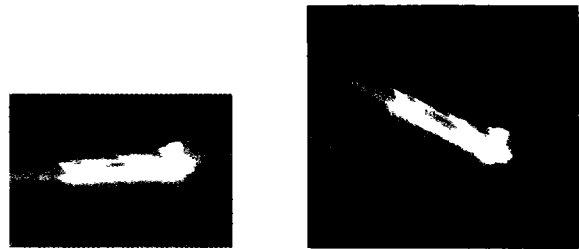
梯度积分投影曲线的定义为:

$$f(t) = \frac{grad(\theta)}{\sum_{\theta=0}^{SA-1} grad(\theta)} \quad (\theta \leq t \leq (\theta - 1); \theta = 0, \dots, SA - 1) \quad (14)$$

2 实验结果

分别运用水平积分投影、垂直积分投影、圆周积分投影、圆周梯度积分投影, 对旋转前后的同一舰船目标进行处理。效果图如图 1~图 6 所示。水平积分投影与垂直积分投影的目的在于, 通过投影的特征曲线的峰值对灰度图像的不同灰度值分布范围的水平与垂直方向上的最大处和最小处做出判断, 对每一幅特定的图像求出其水平和垂直方向上的框架特征。由于投影图比较零乱, 为更好地判断峰值, 必须对投

影图进行归一化, 归一化的投影图可以使峰值更好地凸显出来。在基于圆周的积分投影和梯度的积分投影处理中, 将目标图像的几何形心作为圆心。因为, 对于任何一个几何物体, 其形心相对于物体本身的位置是确定的, 满足圆周积分投影的平移不变性。对于每一帧图像, 为达到特征曲线的尺度不变性的要求, 投影半径的值也应随着目标大小的变化而调整。可以作如下考虑: 目标图像的大小发生变化, 最直接的结果就是目标的面积也发生变化。在几何意义上, 二维面积的变化速率为一维线性的平方。由公式(6)和(7)可知, r 随着 S 的变化而变化, 由 r 做出的圆与目标图像有相同的比例关系, 满足尺度不变性。



(a) 原始图像 (a) Original image
(b) 旋转后图像 (b) Rotated image

图 1 舰船目标红外图像
Fig. 1 Infrared warship targets



(a) 原始图像变换 (a) Transform of original image
(b) 旋转后图像变换 (b) Transform of rotated image

图 2 水平积分投影

Fig. 2 Horizontal integral projecting



(a) 原始图像变换 (a) Transform of original image
(b) 旋转后图像变换 (b) Transform of rotated image

图 3 垂直积分投影示意图

Fig. 3 Vertical integral projecting

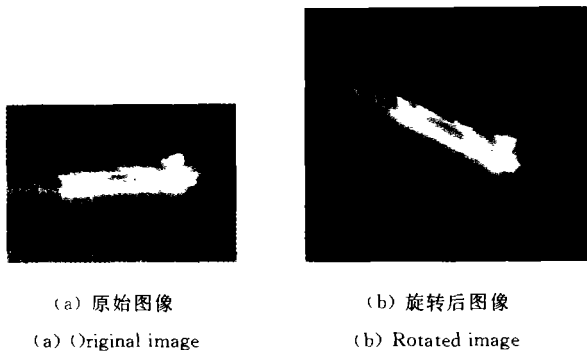


图 4 圆周路径显示

Fig. 4 Circular route display

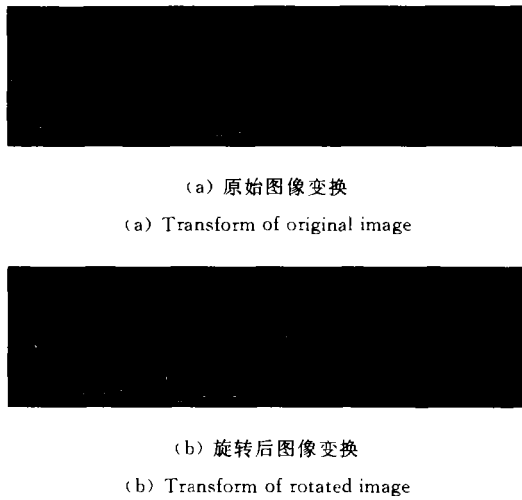


图 5 圆周积分投影

Fig. 5 Circular integral projecting

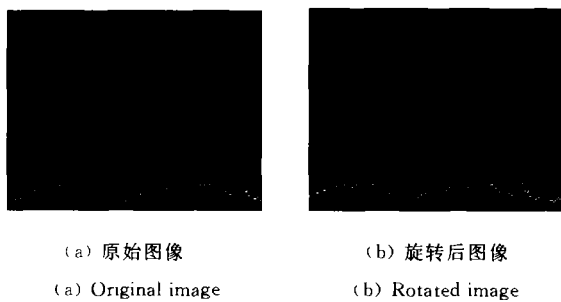


图 6 基于圆周的梯度积分投影

Fig. 6 Circular grads integral projecting

3 投影算法比较

对于水平积分投影和垂直积分投影,因为其对于水平和垂直方向性的限制,当同一目标在所成的图像

上不是水平和垂直的平移时,其特征投影曲线很难反映出相关性,即在目标跟踪的过程中,很难直接由水平积分投影曲线和垂直积分投影曲线做出目标匹配的判断。

在以上的投影变换中,只有圆投影具有旋转不变性,即目标的旋转表现为特征曲线的相移。如果将曲线延拓为周期函数,从中截取的单个周期对于变换前后的相同目标是完全相同的,只是相位发生了变化。因此在目标的跟踪过程中,对圆周积分投影曲线和圆周梯度积分投影曲线可以在周期延拓后进行相关匹配。对于目标图像的尺度发生变化,灰度分布关系不变,圆周投影曲线和圆周梯度投影曲线的形状不会发生变化,只是幅值加入一个常数。

基于圆周的积分投影是图像灰度分布的累积,而梯度可以看作是图像灰度的相邻像素间的变化频率的幅度累积,含有较强的边缘信息。在积分投影中,边缘信息被淹没,主要反映为均匀区域信息。而有些区域是强灰度变化区域,用积分投影将无法将其与灰度均匀区域区分开来。因此,圆周投影积分和圆周梯度投影积分反映出目标图像的两个不同方面:区域分布和边缘分布。

参考文献:

- [1] 王润生. 图像理解[M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1994. 90-102.
- [2] 杨必武, 郭晓松, 王克军, 等. 基于直方图非线性拉伸的红外图像增强新算法[J]. 红外与激光工程, 2003, 32(1): 1-3.
- [3] 马丽红, 余英林, 张宇. 人脸特征提取及自动定位的研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2000, 28(4): 96-102.
- [4] Bessettes V, Desachy J, Lefevre M J. Use of directional variance for urban area analysis on simulated spot 5 images[A]. IEEE International Conference on Geoscience and Remote Sensing Symposium, Proceedings[C]. 2000, 7. 2890-2892.
- [5] Rosenberger C, Chehdi K, Cariou, C, et al. Texture analysis of an image by using a rotation-invariant model[A]. 1999 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing[C]. 1999, 6. 3289-3292.