

一种改进的特征点匹配局部遮挡目标识别算法^①

张天行, 段 锦, 祝 勇, 张茂峰, 张康宁, 张 帆

(长春理工大学 电子信息工程学院, 长春 130022)

摘 要: 图像的目标识别是图像处理与模式识别领域一个重要的研究方向, 它在安全监控、医疗诊断等领域得到了越来越广泛的应用. 传统算法能够准确地识别背景简单、无遮挡的目标, 然而对于存在局部遮挡的目标常常会出现虚警或漏报. 针对这一问题, 本文提出了一种改进的基于特征点匹配的目标识别算法. 该算法利用 harris 角点检测对特征点进行初步提取, 通过对已得特征点的概率密度的有效性估计来对其进行精准提取, 进而实现对局部遮挡的目标的有效识别. 实验表明: 本文算法实时性较好, 能很好的解决局部遮挡的目标识别问题.

关键词: 目标识别; 局部遮挡; Harris 角点检测; 模板匹配

Modified Partially-occluded Object Recognition Algorithm Based on Feature Points Matching

ZHANG Tian-Hang, DUAN Jin, ZHU Yong, ZHANG Mao-Feng, ZHANG Kang-Ning, ZHANG Fan

(College of Electrical and Information Engineering, Science and Technology of Changchun University, Changchun 130022, China)

Abstract: Image target recognition is one of the most important topics in the fields of image processing and pattern recognition. It has been more and more widely used in the fields of security monitoring, medical diagnostics and so on. Traditional algorithm can accurately identify the non-occluded target with simple background. For the partially-occluded target, however, the traditional recognition algorithms often make mistakes of false alarm and missed alarm. To solve the problems caused by partial occlusion, this paper proposes a modified target recognition algorithm, based on matching feature points. This algorithm gets the feature points roughly by corner detection of Harris, estimates the effectiveness of the feather points' probability density, therefore effectively recognize the target. The proposed algorithm has better real-time tracking, and it provides a good solution to solve the recognition of the partially- occluded target.

Key words: target identification; partially-occluded; Harris corner detection; template matching

局部遮挡的目标识别一直是模式识别领域的热点与难点问题, 针对这一问题的解决有很多的识别算法, 如: 基于轮廓分段的识别算法^[1-4]、基于模板分块的识别算法^[5]、基于特征点匹配的目标识别算法^[6]. 这些算法都能解决一定程度的局部遮挡目标识别问题, 然而, 在基于轮廓分段的识别算法中, 虽然文献[4]针对文献[1-3]中算法轮廓划分不合理的情况, 提出了利用局部轮廓曲率划分目标轮廓以及对轮廓进行多级分合并处理等方法, 但是没有解决复杂背景及遮挡物对轮廓的提取所造成的较大影响这一问题, 因此, 目标的识别也受到较大影响. 至于基于模板分块算法, 它的缺点就是计算量很大, 所以,

这类算法的实时性不好, 文献[6]中提出的基于特征匹配的算法是借助于构造相似性矩阵来进行局部遮挡目标的识别, 这种方法也有缺点, 它仅仅是对各个特征点的匹配, 对于单个特征点出现误匹配时无法确定目标的准确位置及大小, 同时缺少对有效特征点的筛选. 针对上述问题, 本文提出了一种改进的基于特征点匹配的目标识别算法.

1 算法流程

算法主要分为: 图像预处理、特征点粗提取、特征点自适应精提取、特征点匹配四个部分. 图 1 为本

^① 收稿时间:2013-08-10;收到修改稿时间:2013-09-10

文算法流程图。

图像预处理主要是对图像进行灰度变换,用以解决由于目标大小、距离远近及大气环境等因素造成的目标与背景的对比度较低、目标特征较模糊等问题,增强待识别图像的对比度,便于目标图像的识别和特征点的提取。

特征点粗提取是利用 Harris 角点检测法提取特征点。但在目标存在局部遮挡时,提取的特征点有可能反映的不是目标的特征,这就需要对特征点进行进一步的精提取。

特征点自适应精提取主要是估计每个匹配窗中特征点的有效性,通过计算每个特征点的概率密度对粗提取的特征点加以筛选,确定待匹配特征点。

特征点匹配是将匹配窗中与模板中精提取出的特征点进行匹配,求出与模板有最大相似度的匹配窗位置,识别目标。

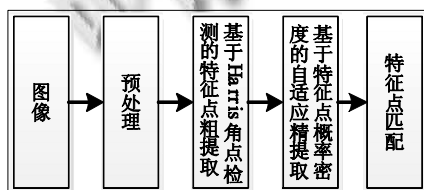


图 1 本文算法流程图

2 特征点提取

提取目标图像的有效特征点是目标识别的关键技术,也是本文算法流程中的关键环节,对识别的最终效果起决定性影响。下面加以详细阐述。

2.1 基于 Harris 角点检测的特征点粗提取

角点是图像的一种局部不变特征,它集中了图像上的很多重要的形状信息,并且具有旋转不变性,几乎不受光照条件的影响的优点。本文特征点的粗提取是采用 Harris 角点检测提取的图像角点作为特征点。

Harris 角点检测法就是取以目标像素点为中心的一个小窗口,并将窗口沿上下左右 4 个方向移动,计算 4 个方向上窗口内的灰度变化,并以 4 个值中的最小值为该目标像素点的角点响应函数值,若该值大于阈值,则为角点^[7]。从直观的角度来说,角点就是在 x 、 y 方向上变化较大的点,即 I_x 、 I_y 都较大。

当窗口在 x 和 y 方向上分别偏移 u 和 v 时,窗口中图像强度变化用下式^[7]表示:

$$E(u,v) = \sum_{x,y} w(x,y) [I(x+u,y+v) - (I(x,y))]^2 \quad (1)$$

其中, $w(x,y)$ 为窗函数,本文采用的是高斯窗函数, $I(x,y)$ 为图像灰度。将式(1)中的 $I(x+u,y+v)$ 在点 (x,y) 附近进行 Taylor 一阶逼近,舍去余项,代入式 1 后写成如下矩阵形式^[7]:

$$E(u,v) = [u,v] \left(\sum w(x,y) \begin{bmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} \quad (2)$$

其中 I_x 、 I_y 分别为图像在 x 、 y 方向的导数。由式(2)可知,含有导数的矩阵是一个二阶实对称矩阵,因此它有两个相互正交的特征向量,对应的特征值分别为 λ_1 、 λ_2 。由矩阵论知识^[7]可知,只有当 λ_1 、 λ_2 都比较大时, I_x 、 I_y 的变化范围比较大,每个像素的角点响应用式(3)来描述,最后进行局部非极大值抑制即可获得最终角点:

$$R = \lambda_1 \lambda_2 - k(\lambda_1 + \lambda_2)^2 \quad (\text{通常,常数 } k \text{ 取值为 } 0.04-0.06)^{[7]} \quad (3)$$

2.2 基于特征概率密度的自适应特征点精提取

由 2.1 可知,特征点的粗提取主要是取在 x 、 y 方向上同时变化较大的点作为特征点,而在目标存在局部遮挡时,取到的特征点有可能不是目标的特征点,因此需要对每个特征点的有效性进行分析。本文通过求取特征点有效性的概率密度对特征点进行精提取。这里主要采取以下步骤:

(1) 提取与模板 x 、 y 方向导数符号相同的点。在匹配窗移动的过程中,若匹配窗中有特征点存在,则提取出匹配窗中与模板中同时在 x 、 y 方向导数具有相同符号的点^[8],如图 2(c)所示,图中黑框内标记的点为在正确匹配位置提取的匹配窗中与模板中导数符号相同的点。可以看出,由被遮挡的部分提取出的点比较稀疏,而由未被遮挡的部分提取出的点比较稠密,也就是说,在比较稠密区域中的特征点最能反应出目标的特征,有效性最高。

(2) 计算特征点的概率密度。在每个匹配窗中以特征点为中心的一个邻域内,统计上步提取出的 x 、 y 方向导数符号相同的点的个数,并与邻域面积作比。即

$$P_i = \frac{n}{m \times m} \quad (4)$$

其中, P_i 为在某个匹配窗下第 i 个特征点的概率密度, n 为在某个匹配窗下,以特征点为中心的邻域内在 x 、 y 方向的方向导数符号与模板对应的方向导数符号相同点的个数, m 为邻域的尺度。同时也可看出,概率密度大的特征点全部位于较稠密区域。

(3) 计算自适应概率密度阈值 T_p . T_p 是采用类间方差^[9]最大的方法确定. 设在某个匹配窗内共有 N 个特征点, 将这 N 个特征点的概率密度按从大到小的顺序排列, 将特征点的概率密度以阈值 T 分为两类, 确定出使两类的类间方差最大的阈值 T_p . 具体计算公式^[9]如下:

$$w_0 = \sum_{i=0}^{T-1} P_i \tag{5}$$

$$w_1 = \sum_{i=T}^{N-1} P_i = 1 - w_0 \tag{6}$$

$$u_0 = \sum_{i=0}^{T-1} \frac{iP_i}{w_0} \tag{7}$$

$$u_1 = \sum_{i=T}^{N-1} \frac{iP_i}{w_1} \tag{8}$$

$$u = w_0 u_0 + w_1 u_1 \tag{9}$$

$$\sigma^2 = w_0(u_0 - u)^2 + w_1(u_1 - u)^2 = w_0 w_1 (u_0 - u_1)^2 \tag{10}$$

其中, w_0 、 w_1 分别为第一类和第二类的概率, u_0 、 u_1 分别表示两类的均值, u 为均值, σ^2 为类间方差, T 从 0 开始以步长为 1 递增取值, 最终可确定出使 σ^2 最大的 T_p .

(4) 提取有效特征点. 在不同匹配窗下舍弃概率密度小于概率密度阈值 T_p 的特征点, 对每个匹配窗中的特征点进行精提取. 图 2 为在最佳匹配位置的匹配窗内, 特征点由粗到精提取的效果图.

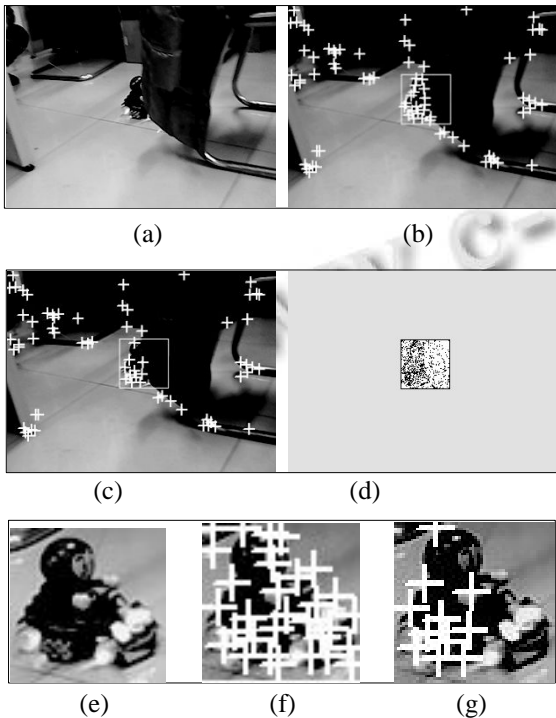


图 2 特征点提取

(a) 源图像; (b) 在最佳匹配窗中特征点的粗提取; (c) 在最佳匹配窗中特征点精提取; (d) 在最佳匹配窗中特征点有效的概率密度分布; (e) 模板图像; (f) 在最佳匹配窗中模板特征点粗提取; (g) 在最佳匹配窗中模板特征点精提取

3 目标识别

特征点的匹配采用互相关归一化算法, 由于特征点的匹配在最佳匹配窗附近的匹配窗中可能会有相同的相似度, 因此将匹配窗内特征点的相似度与此窗中特征点的概率密度的加权平均值作为本文算法的最终相似度, 定义如下:

$$R^i(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^n P_i R_i(u, v)}{n} \tag{11}$$

$$R_i(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S(u+i, v+j) T(i, j)}{\sqrt{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N S(u+i, v+j)^2 \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T(i, j)^2}} \tag{12}$$

其中 $0 \leq u, v \leq N - M + 1$, $R_i^{[10]}$ 为每个特征点的最大相似度, S 为源图在匹配窗下的图像, T 为模板图像. M 为模板高, N 为模板宽^[10]. 当 $R^i(u, v)$ 取得最大值时, 即识别到目标.

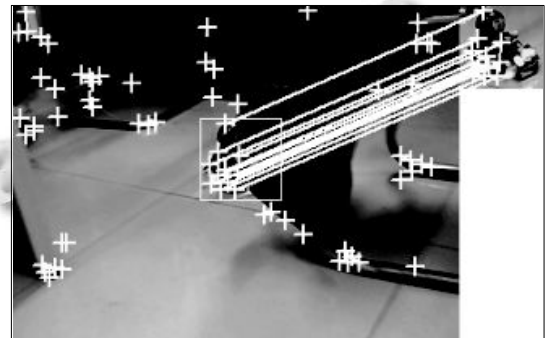


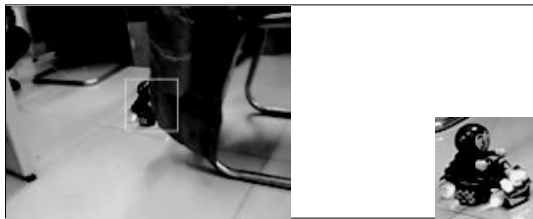
图 3 在最佳匹配窗中的特征点匹配结果

4 实验结果及分析

本文对所提出的算法在 VC++6.0 平台上进行了实验, 并与文献[4-6]中的算法在识别率与时实时性方面进行了对比, 实验所用源图和模板的大小分别为 320×240 和 60×60 .

图 4 与图 5 分别为本文提出的识别算法的识别效果与其在不同遮挡比例下的识别情况, 由图 5 可知本文算法在目标的最大遮挡面积达到 55% 时亦可基本正

确识别出目标。



(a) 本文算法识别效果 (b) 模板

图 4 本文算法识别情况

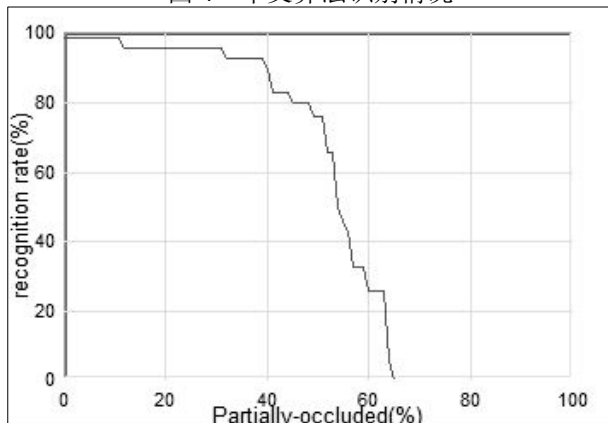


图 5 不同遮挡比例下的识别率

表 1 为本文算法与文献[4-6]在遮挡比例分别为 10%、20%、30%、40% 下的识别率, 由此可以看出本文算法的识别率与其它算法相比均有提高。

表 1 不同遮挡目标识别算法的识别率(%)

遮挡比例/(%)	10	20	30	40
文献[4]	95.9	95.1	92.3	87.4
文献[5]	95.5	94.0	87.0	82.0
文献[6]	96.0	95.0	92.0	87.0
本文算法	96.2	95.1	95.1	88.1

不仅如此, 实验还得出本文算法的另一优势——实时性较好。本文算法只提取目标图像的特征角点参加识别, 而角点又只包含图像中大约 0.05% 的像素点, 所以只对这些目标特征进行处理会极大提高运算速度, 由表 2 可知, 虽然本文算法的识别时间不及文献[4,6], 但已基本符合目标识别算法的实时性要求, 在实时性上具有良好的效率。

表 2 四种算法平均每帧识别时间比较表

算法	文献[4]	文献[5]	文献[6]	本文算法
识别时间(ms/帧)	32.55	45.12	36.31	37.57

5 结语

基于特征点匹配的目标识别算法流程清晰、简单易行。它在直接选取目标图像特征角点的基础上, 借助计算概率密度自适应地获取有效特征点进行匹配、识别, 直取关键, 减少了运算量, 降低了复杂度, 能够准确、高效识别出局部遮挡目标, 实时性较好, 具有实际研究意义。

参考文献

- 1 Shi SQ, Shi GM, Qi F. Partially occluded object recognition algorithm based on feature description integrity. *Systems Engineering and Electronics*, 2011, 33(4): 913-918.
- 2 Krolupper F, Flusser J. Polygonal shape description for recognition of partially occluded objects. *Pattern recognition letters*, 2007, 28(9): 1002-1011.
- 3 Saber E, Xu Y, Murat Tekalp A. Partial shape recognition by sub-matrix matching for partial matching guided image labeling. *Pattern Recognition*, 2005, 38(10): 1560-1573.
- 4 张驰. 部分遮挡目标识别算法研究[学位论文]. 西安: 西安工业大学, 2010.
- 5 Fan N. Feature-based partially occluded object recognition. *2010 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*. IEEE. 2010. 3001-3004.
- 6 赵万金, 龚声蓉, 刘纯平, 沈项军. 一种自适应的 Harris 角点检测算法. *计算机工程*, 2008, 34(10): 212-214.
- 7 Lim KB, Du TH, Wang Q. Partially occluded object recognition. *International Journal of Computer Applications in Technology*, 2011, 40(1): 122-131.
- 8 Zhang J, Hu J. Image segmentation based on 2D Otsu method with histogram analysis. *2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering*. IEEE. 2008. 105-108.
- 9 Sahani SK, Adhikari G, Das BK. A fast template matching algorithm for aerial object tracking. *2011 International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*. IEEE. 2011. 1-6.