

文章编号:1004-4213(2010)05-0941-5

快速图符匹配方法及其在军标识别中的应用*

李昌华,王东[†]

(西安建筑科技大学 信息与控制工程学院,西安 710055)

摘要:为了加快在旋转及缩放情况下基于 Hausdorff 距离的图符匹配方法的速度,提出了一种基于缩略模型的 Hausdorff 距离形状匹配方法.该方法分为两个阶段,首先利用模型的稀疏版本在较大的距离阈值下进行粗匹配,然后再利用全模型在稍小的距离阈值和较大的重合率门限进行双阈值精确匹配.利用地图上叠加的图形符号进行了匹配实验.实验结果表明,该方法获得了较低漏检和虚警以及较短的匹配时间,同时该方法已被用于地图中的军标识别,效果良好.

关键词:图符识别;Hausdorff 距离;缩略模型

中图分类号:TP391

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb20103905.0941

0 引言

基于 Hausdorff 距离的图像形状比较技术一直是二值图像模式轮廓与边缘匹配的有效方法^[1],是一种目前广为应用的方法^[2-3].在基于 Hausdorff 距离的图像比较方面,最具代表性的工作为 Daniel P. Huttenlocher 等人所做^[1,4-5].Hausdorff 距离具有三个突出的优点:1)对图像中小的扰动不敏感;2)允许对形状的局部进行比较^[4];3)概念简单.其中前两点对于从背景图中检测出给定模式来说是非常有益处的.另外,如果要从背景图中,检测出某个图形符号,就需要让该图形符号的模型在背景图中做各种位置的平移匹配,直接计算各种平移位置下的 Hausdorff 距离,计算量非常之大,但是已有快速算法存在,如 Daniel P. Huttenlocher 的快速算法可使计算量下降几个数量级,这个快速算法还可用 3D 图形硬件来完成,更进一步地加快了速度^[4,6].在平移情况下,模型与背景图的匹配计算开销,已能够负担得起.但是,在目前的许多实际应用中,必须考虑模型尺度变换和旋转变换的情况,这使得计算开销巨大.

本文针对图形符号的识别问题,提出一种基于 Hausdorff 距离的两阶段识别方法.这种方法先使用模型的特征点集(Sparse Model 缩略模型),与背景图作匹配,缩小匹配范围并得到相应的旋转和缩放信息,即,先做粗匹配,然后再做模型的全点集匹配的.这种方法可以有效地减小由于尺度变换和旋

转变换所带来的计算量.

1 图形符号模型的旋转与缩放

在一幅背景图中,图形符号的位置、方向和大小都可能是任意的.对于位置的任意性来说,前面对平移情况的处理,已经能够解决问题.但是在计算 Hausdorff 距离中,如果仅仅使用平移变换将导致较高的识别漏检概率,所以,对于方向和大小的任意性来说,本文通过对模型进行适当的旋转和缩放来解决.

1.1 旋转变换

$$y_c = (\sum_{b \in B} b_y) / \|B\| \quad (1)$$

$$x_c = (\sum_{b \in B} b_x) / \|B\| \quad (2)$$

旋转中心选择为模型点集合 B 的质心:式中 b_x, b_y , 为点 b 的坐标.质心的计算,见式(1)、(2).为了减少搜索计算量,将角度量化为 8 个方向,用编号 0~7 来表示(见图 1),分别对应关系为表 1.另外,为了加快计算速度,模型点集 B 事先按编号计算并存储为 $B_0 \sim B_7$.

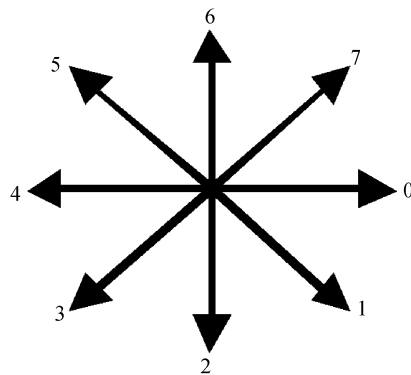


图 1 旋转的 8 个方向
Fig. 1 Eight directions of rotation

*国家自然科学基金(50878176)和陕西省自然科学基金(2002F14)资助

[†]Tel.:029-88204271

Email:wdong82@163.com

收稿日期:2008-09-16

修回日期:2008-11-28

表 1 8 个方向及对应的模型

0	1	2	3	4	5	6	7
0	$-\pi/4$	$-\pi/2$	$-3\pi/4$	$-\pi$	$3\pi/4$	$\pi/2$	$\pi/4$
B_0	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7

1.2 尺度变换

由于图标每次出现其实际大小是不同的,因此,如果使用固定尺寸的模型则在目标与模型的大小区别较大时将导致搜索失败造成目标漏识.为了减少计算量,在尺度变换中仅仅取了 3 级尺度变换: $1.5\times, 1\times, 0.5\times$. 为了提高计算速度,将变换后的模型事先存储起来.

2 两阶段匹配方法

由于增加了模型的旋转和缩放,致使匹配的计算量增加了许多.为此本文采用两阶段匹配算法.

在第一阶段,利用事先构造好的模型的缩略版本,进行各级缩放和旋转的匹配.这是一次粗匹配.因为使用的是模型到背景图像的有向 Hausdorff 距离,所以可以得出以下结论:在同样的检测阈值下,使用精确模型匹配出来的集合一定包含在使用缩略版模型匹配出来的集合中.而缩略版的模型的点数远小于精确模型的点数,这样,在匹配时大大减少了计算量.通过缩略版模型匹配后,可以得到一个平移位置的集合,这个集合要小于原来的平移位置集合.不仅如此,还可以同时得到某个缩略版模型匹配实例的匹配方向和缩放比例.这为下一阶段的精确模型匹配,缩小了范围.

缩略版模型的构造准则是,要能反映出模型的大致轮廓特征,方向特征和尺度特征,如图 2.

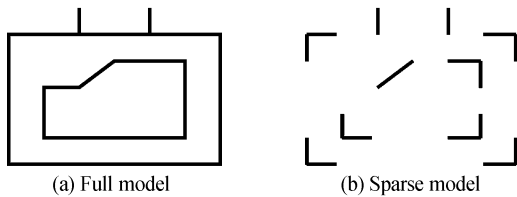


图 2 缩略模型的构造
Fig. 2 Construction of a sparse model

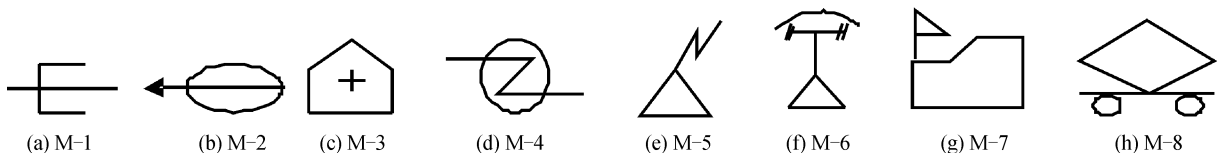


图 3 图形符号举例
Fig. 3 Samples of the mark

3.2 实验结果

以模型 M-7 在缩放和旋转情况下的模型和缩略模型(图 4~6)为例说明匹配情况.

缩略模型可通过特征点探测算法自动产生,但时常效果不好.本文采用自动探测加手工修改的办法生成.这对于固定形状的标识符号集合来说是适用的.

在第二阶段,利用第一阶段所划小的平移范围、每一个匹配实例的方向以及缩放比例,选择相应的精确模型进行匹配.

一般的匹配算法是在有向 Hausdorff 距离中使用距离门限^[4],即当在某特定变换 $t(x, y, \theta, s)$ 下, Hausdorff 距离小于预先给定的距离阈值 τ ,则得到一次匹配,并将该变换作为参量输出.在满足一定的匹配概率的条件下,要求 τ 取得较大,这将导致该匹配算法产生较大的错误匹配概率,从而给后续处理带来麻烦.若 τ 取得较小,虽然会错误匹配概率较小,但会导致较高的漏识率,从而是整个系统的识别率下降.

为了保证一定的匹配概率,同时又尽可能地减少错误匹配概率,在本阶段使用了双阈值匹配算法.在第一次匹配中,距离阈值 d_i 作为第一阈值,算法中取较大的 d_i 以获得足够的匹配概率.在第二次匹配中,计算模型集合与目标集合的重合点数 $A \cap B$,并计算重合点数与模型集合点数的比值 $K = A \cap B / B$,设定第二阈值 K_i ,当 $K \geq K_i$ 时得到匹配.二次匹配可以看作对形状特征的匹配,在适当选取 K_i 下将大大地减少错误匹配概率.

3 实验结果及应用

3.1 标识符号来源

实验中所使用的标识符号选自某地图标注符号集,从该符号集中选取 8 个代表性的符号,从构造复杂度上分为简单结构(2 个),较复杂结构(3 个),复杂复杂结构(3 个).具体符号集见图 3.图 3(a)、(b)为简单符号,图 3(c)、(d)结构较复杂,图 3(e)~(h)结构最复杂.背景图若有较大噪声,可进行去噪处理^[7].

在实验中发现:如果,当混杂在背景图中的图形符号在尺度、方向及形状上与匹配模型一致的理想情况下,使用一阶段匹配方法,只要取较小的阈值就

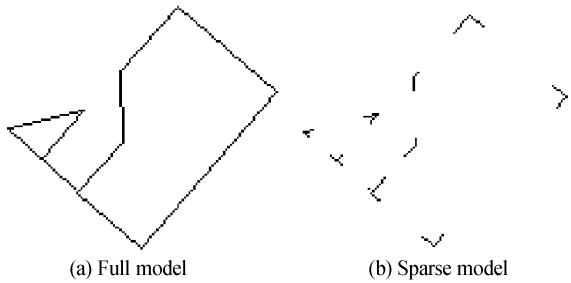


图 4 模型 M-7(1.5X, B₇)及其缩略模型
Fig. 4 Model M-7(1.5X, B₇) and its sparse model

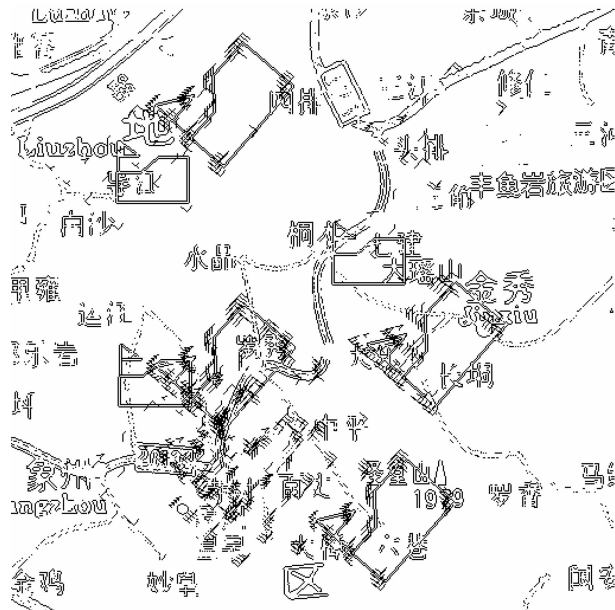


图 5 模型 M-7(1.5X, B₇)缩略模型匹配情况
Fig. 5 The matching of sparse model of M-7(1.5X, B₇)

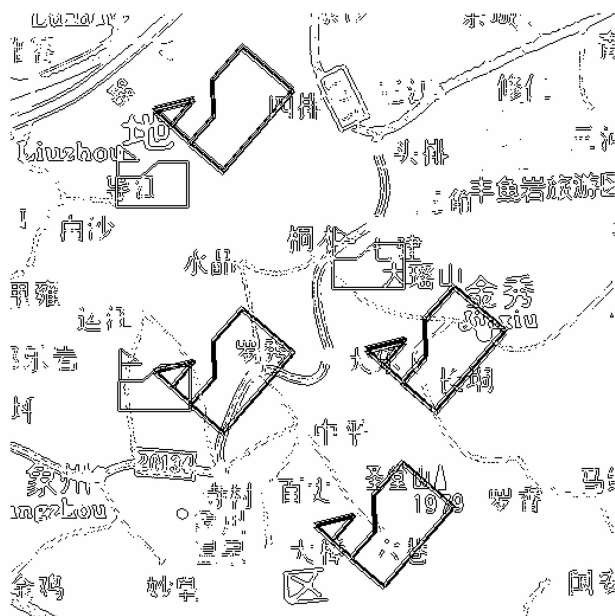


图 6 模型 M-7(1.5X, B₇)精确模型匹配情况
Fig. 6 The matching of full model of M-7(1.5X, B₇)

可以获得很好的结果,几乎是不漏检、不虚警,而且速度很快(这是因为距离阈值很小,圆消去法去掉了较多的区域)。但是,只要上述三项有一点不满足,就会带来较大的漏检率。使用一阶段匹配方法,取较大

的阈值(比如取 6 时),则使得漏检减少(为 0);虚警增加(为 30%);匹配时间加长(为 964)。如果采用一阶段匹配双阈值方法,可以同时获得较低的漏检和虚警,但有较长的匹配时间。采用两阶段双阈值匹配方法(比如,在缩略模板匹配阶段,取匹配距离门限 6,在精确模板匹配阶段,取匹配距离门限 3,重合率门限 0.4),则在获得较低漏检(0)和虚警(0)的同时,可以获得较短的匹配时间(311)。

3.3 应用

本文所提出的方法已用于军标识别,可在混有军标的背景图(一般为地图)中将军标符号检测出来,其应用效果良好。另外,作者也开始该方法应用于城市规划图中的基于内容检索研究。

4 结论

图形符号在背景图中具有方向的任意性和尺度的任意性,为此提出了在图形符号匹配中,利用事先构造好的多级旋转模型和多级尺度模型的匹配方案。针对由于尺度变换和旋转变换所带来的较大计算开销,本文提出一种基于 Hausdorff 距离的两阶段识别方法。这种方法先使用反映模型特征的缩略模型与背景图像做粗匹配,缩小匹配范围并得到相应的旋转和缩放信息,然后再精确模型做模型的全点集匹配。经实验证明,这种方法可以有效地减小由于尺度变换,和旋转变换所带来的计算量,并且保证了较高的准确率。该方法在工程实际中应用效果良好。

参考文献

- [1] RUCKLIDGE W J. Efficiently locating objects using the hausdorff distance[J]. *Int J of Computer Vision*, 1997, **24** (3): 251-270.
- [2] HU Shuo, ZHU Ming, SONG Hua-jun, et al. Novel target tracking algorithm based on TMS320C6416 [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2006, **29**(2): 416-419.
胡硕,朱明,宋华军,等.一种新的基于 TMS320C6416 平台下的相关跟踪算法[J]. *电子器件*, 2006, **29**(2): 416-419.
- [3] LIU Sheng-peng, FANG Yong. A contourlet domain image denoising method based on mathematical morphology[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2008, **37**(1): 197-201.
刘盛鹏,方勇.基于数学形态学的 Contourlet 变换域图像降噪方法 [J]. *光子学报*, 2008, **37** (1): 197-201.
- [4] HUTTENLOCHER D P, KLANDERMAN G, RUCKLIDGE W J. Comparing images using the Hausdorff distance[J]. *IEEE Tran Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1993, **15**(9): 850-863.
- [5] HUTTENLOCHER D P, RUCKLIDGE W J. A multi-resolution technique for comparing images using the Hausdorff distance[C]. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, New York, NY, USA: iee, 1993: 705-706.
- [6] OLSON C F. Probabilistic formulation for Hausdorff matching [C]. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Washington, DC,

USA:IEEEComputerSociety,1998:150-156.

- [7] BAI Chang-bing, QI Chun, YANG Ying, *et al.* Fast detection of PCB mark using hausdorff matching [J]. *Journal of*

Optoelectronics Laser, 2006, **17**(4):495-501.

柏长冰, 齐春, 杨莹, 等. Hausdorff 匹配快速检测 PCB 基准标记[J]. *光电子·激光*, 2006, **17**(4):495-501.

A Method for Fast Shape Matching and its Application to Military Mark Recognition

LI Chang-hua, WANG Dong

(School of Information & Automation Engineering, Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: In order to speed up the mark matching under the condition of rotating and scaling, a method for shape matching based on sparse model is proposed using Hausdorff distance as the matching distance. This method has two stages; a sparse model is used in rough matching with a large distance threshold; a full model is used in precise matching with dual thresholds which are a moderately small distance threshold and a large coincidence rate threshold. An experiment is conducted, in which marks imposed on a map are tested, and shorter matching time is obtained with low false negative rate and low false positive rate. This method has been successfully used in military mark recognition in maps.

Key words: Mark recognition; Hausdorff distance; Sparse model



LI Chang-hua was born in 1963. He received his Ph. D. degree in information and communication engineering from Xidian University in 2002. Now he is a professor of Xi'an University of Architecture & Technology, and his research interests focus on image processing, computer graphics and digital architecture.