

文章编号 1004-924X(2003) 05-0527-04

# 基于笔划趋势分析的二值图像细化方法

刘桂雄, 申柏华, 冯云庆

(华南理工大学 机械工程学院 光机电一体化研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 针对普通细化算法大多是基于原始图的中轴线及八邻域进行分析, 不可避免导致有噪声点的直线变弯以及笔划交叉或分叉位置产生畸变的问题, 在对 Zhang 算法进行分析和改进的基础上, 提出了一种改进的基于笔划趋势预测的细化算法, 获得了比较严格八连通的且各向对称的中心骨架, 并有效地抑制了笔划交叉处的畸变, 具有很好的细化效果和较快的处理速度, 已成功运用于车牌自动识别系统中。

**关键词:** 图像处理; 细化; 畸变; 笔划趋势分析

中图分类号: TP391.41 文献标识码: A

## Thinning of binary image based on stroke trend analysis

LIU Gui-xiong, SHEN Bai-hua, FENG Yun-qing

(The College of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** In order to overcome the drawbacks of thinning based on the axle wire of the original image and eight-neighborhood, which causes some straight-lines with noise to become curves, and stroke distortion at the cross or crotch of strokes, an improved thinning algorithm based on stroke trend analysis is proposed for binary image by analyzing and improving Zhang thinning algorithm, and it can make a skeleton with strictly eight-connected structure available to keep a good symmetry, and control the deformation at the cross or crotch of strokes so that each image can be quickly skeletonized more perfectly. The algorithm proposed in this paper has been successfully applied to vehicle license identifying system.

**Key words:** image process; thinning; distortion; stroke trend analysis

## 1 引言

二值图像细化是图像处理的一个基本方法。二值图像细化实质就是不断去除曲线上不影响连通性和整体特征的轮廓像素, 从而获得单位宽度的中心骨架的过程。利用细化技术得到二值图像的骨架, 在模式识别、图像数据压缩、特征提取和线状目标自动跟踪等方面均有广泛的应用<sup>[1-4]</sup>。对细化的一般要求<sup>[5]</sup>: (1) 保证细化后曲线的连

通性; (2) 保留原图的细节特征; (3) 细化结果是原曲线的中心线; (4) 保留曲线的端点; (5) 细化处理速度快; (6) 交叉部分中心线不畸变。

对一幅具体的二值图像而言, 其中心骨架线一般不能唯一确定, 只能根据实际应用场合来评价细化算法的有效性。针对不同场合的细化形状要求和速度要求, 近 20 年来已出现了大量的细化算法, 如 Hilditch 经典细化算法、Zhang 快速并行细化算法及 Deutsch 细化算法等, 并在某些应用领域取得较好的应用效果。研究发现, 目前关于

二值图像细化的算法大多仅基于当前待处理点的八邻域进行分析,未能有效保证既保持图像连接关系不变又兼顾细化的各向对称性,也未能对二值图像的笔划走向进行分析和预测,因而细化结果不是严格的八连通图像骨架且在笔划交叉处会出现畸变<sup>[6-7]</sup>。为此,提出了一种改进的基于笔划趋势预测的细化算法,获得了比较严格八连通的且各向对称的中心骨架,并能有效地抑制笔划交叉处的畸变,具有很好的细化效果和较快的处理速度。

## 2 基于笔划趋势分析的细化方法

### 2.1 预处理

预处理技术是图像处理的一种重要方法,为得到一个效果良好的二值图像骨架图,前期的预处理工作至关重要。通过前期预处理,可以去除多余的毛刺,达到削峰填壑的效果<sup>[1]</sup>。二值形态学中的开启(A·B)与闭合(A·B)就是一种很好的预处理方法,开启运算可以把比结构元素 B 小的突刺滤掉,切断细长搭接而起到分离作用。闭合运算可以填充比结构元素小的缺口或孔填充,搭接短的间断而起到连通作用。如下图所示,图 1(a)为处理前的原图,(b)为经过闭合运算处理后的二值图,显然经过处理后的二值图比处理前平滑了许多,且原图左上部的断点在经过一次闭合运算后恢复了连接。

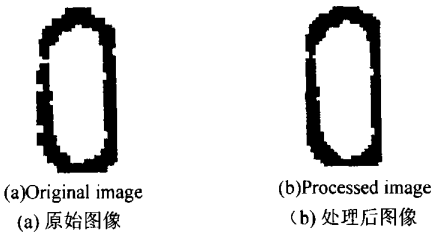


图 1 开启与闭合运算处理前后的二值图

Fig. 1 Binary images of previous process and later processing

### 2.2 基于笔划趋势分析与预测的细化算法

在阐述笔划走向分析具体规则之前,首先简要介绍一下经典 Zhang 算法。设待细化的二值图有  $m$  行  $n$  列像素点,则整个二值图可用一个  $m \times n$  数组  $img$  表示,前景点标记为 1,背景点标记为

0,第  $j$  行  $k$  列的值的表达式为  $img[j, k]$ 。采用传统的  $3 \times 3$  网格的八邻域分析方法,定义边界点是本身标记为 1,而其八-连通邻域中至少有 1 个标记为 0 的点,网格中心点为当前待处理点。Zhang 细化算法规则如下<sup>[4]</sup>:以边界点为中心的八-邻域内,记中心点为  $P_1$ ,其邻域的 8 个点顺时针绕中心点分别记为  $P_2, P_3, \dots, P_9$ ,其中  $P_2$  在  $P_1$  正上方,如图 2 所示。

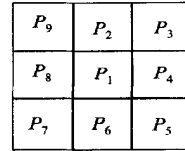


图 2 八邻域点序号定义

Fig. 2 Eight neighborhood numbering

算法步骤如下:

(1) 首先标记同时满足下列条件的边界点:

(1.1)  $2 \leq N(P_1) \leq 6;$

(1.2)  $S(P_1) = 1;$

(1.3)  $P_2 \cdot P_4 \cdot P_6 = 0;$

(1.4)  $P_4 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0;$

其中  $N(P_1)$  是  $P_1$  的非零邻点的个数,  $S(P_1)$  是以  $P_2, P_3, \dots, P_9$  为序时这些点的值从 0  $\rightarrow$  1 变化的次数。当对所边界都检验完毕后,将所有标记了的点删除。

(2) 同第(1)步,仅将前面的条件(1.3)改为(2.3)  $P_2 \cdot P_4 \cdot P_8 = 0$ ;条件(1.4)改为(2.4)  $P_2 \cdot P_6 \cdot P_8 = 0$ 。同样当对所有边界点都检验完后,将所有标记了的点除去。

以上两步操作构成一次迭代。算法反复迭代直至没有点再满足标记条件,这时剩下的点组成区域的骨架。图 3 为 Zhang 算法的效果图。

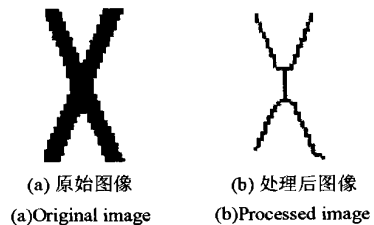


图 3 Zhang 细化算法效果图

Fig. 3 Results of Zhang thinning algorithm

显然, 此种算法在决定当前像素点是否保留时, 仅考虑了当前点的八邻域, 而没有考虑当前点所在的笔划走向, 因此当笔划上有噪声点时, 或在笔划的交叉或分叉处就会产生笔划的畸变, 特别是在多笔划交叉处畸变就更加严重, 如图 4(b) 的四节点分裂成 2 个三节点, 畸变比图 4(a) 严重得多。此种算法如用于模式识别中, 则很可能会导致误识或拒识。

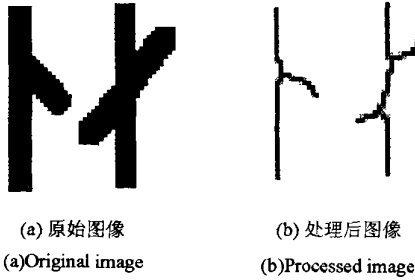


图 4 Zhang 细化后的扭曲变形示例  
Fig. 4 Figure of distortion

为尽可能避免上述畸变及尽可能减少笔划边缘的噪声点对骨架的影响, 需在细化处理时对当前像素点所在笔划走向进行分析并预测, 优先保留笔划走向上的点。

本算法即在 Zhang 算法的基础上加进笔划走向趋势分析及预测规则, 根据当前像素点所在笔划走向分析和预测的结果, 决定当前处理点是保留还是删除。符合 Zhang 算法删除条件且不在该笔的笔划走向上的点将被删除, 否则保留。

判定及预测笔划走向的具体规则如下:

在已用 Zhang 算法标记为删除的二值图中, 重新扫描当前点的八邻域一圈, 计算从  $0 \rightarrow 1$  变化次数  $S(P)$ , 由于是从左至右, 从上至下扫描, 如  $S(P) > 1$  则说明已经当前点的左上方的点可能已细化到不大于两个像素宽度的二值图, 此时方可进行笔划走向判定。若  $S(P) > 1$  则分别根据其左、左上、上、右上 4 点的八邻域判断当前所在笔划走向:

- (1) 若左边点( $P_8$ ) 值为 1, 即  $img[j, k - 1] = 1$ , 再判断其是否满足以下条件:
  - 1)  $img[j, k - 2] = 1$ ;
  - 2) 绕其八邻域扫描一圈从  $0 \rightarrow 1$  变化次数  $S(P_8) > 1$ ;
  - 3) 八邻域中所有符合  $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  变化的两个 1

之间 0 的个数不小于 2。  
若同时满足以上条件, 则当前点左边笔划走向为“—”, 且其恰在该笔划的延伸方向上, 因此保留此点不删除。

- (2) 若左上点( $P_9$ ) 值为 1, 即  $img[j - 1, k - 1] = 1$ , 再判断其是否满足以下条件:
  - 1)  $img[j - 2, k - 2] = 1$ ;
  - 2) 绕其八邻域扫描 1 圈从  $0 \rightarrow 1$  变化次数  $S(P_9) > 1$ ;
  - 3) 八邻域中所有符合  $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  变化的两个 1 之间 0 的个数不小于 2。

若同时满足以上条件, 则当前点左边笔划走向为“\”, 且其恰在该笔划的延伸方向上, 因此保留此点不删除。

- (3) 若上边点( $P_1$ ) 值为 1, 即  $img[j - 1, k] = 1$ , 再判断其是否满足以下条件:
  - 1)  $img[j - 2, k] = 1$ ;
  - 2) 绕其八邻域扫描 1 圈从  $0 \rightarrow 1$  变化次数  $S(P_1) > 1$ ;
  - 3) 八邻域中所有符合  $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  变化的两个 1 之间 0 的个数不小于 2。

若同时满足以上条件, 则当前点左边笔划走向为“|”, 且其恰在该笔划的延伸方向上, 因此保留此点不删除。

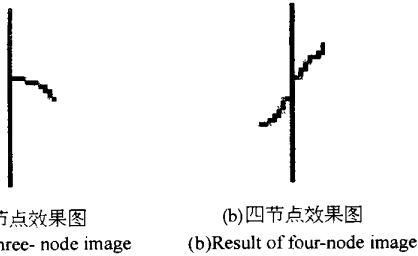
- (4) 若右上点( $P_2$ ) 值为 1, 即  $img[j - 1, k + 1] = 1$ , 再判断其是否满足以下条件:
  - 1)  $img[j - 2, k + 2] = 1$ ;
  - 2) 绕其八邻域扫描 1 圈从  $0 \rightarrow 1$  变化次数  $S(P_2) > 1$ ;
  - 3) 八邻域中所有符合  $1 \rightarrow 0 \rightarrow 1$  变化的两个 1 之间 0 的个数不小于 2。

若同时满足以上条件, 则当前点左边笔划走向为“/”, 且其恰在该笔划的延伸方向上, 因此保留此点不删除。

上述 4 步中每一步处理一种笔划走向, 即“横”、“竖”、“撇”、“捺”, 处于这四种笔划走向上的点被保留, 同时删除其八邻域内不影响连通性的不处于笔划走向上的点。如同时有两个或两个以上满足以上条件, 表明当前点处于笔划拐角处或交叉处。注意, 由于当前待处理点八邻域内右下角的 4 点已经在上次迭代中处理过, 而到本次迭代时右下角的 4 点并没有变化, 因此上述算法没有考虑八邻域内右下角方向 4 点上的笔划。

## 2.3 效果

经过上述步骤处理后,能够很好地优先保留“横”、“竖”、“撇”、“捺”笔划走向上的点,从而减少畸变的发生,由于其思想是力求保持笔划不偏离原



(a)三节点效果图

(a)Result of three- node image

(b)四节点效果图

(b)Result of four- node image

图 5 基于笔划趋势分析的细化算法效果图

Fig. 5 Result of stroke trend analysis algorithm

来的方向,所以本算法同时也具有较好的抗噪声能力。图 5(a)、(b)分别是图 4(a)、(b)两种情况经过上述基于笔划趋势分析处理后细化效果图。

## 3 结束语

提出了一种改进的基于笔划趋势预测的细化算法,能获得比较严格八连通的且各向对称的中心骨架,并能有效地抑制笔划交叉处的畸变,具有很好的细化效果和较快的处理速度。算法已成功应用于汽车车牌自动识别系统中。实践表明,经过本算法细化的二值骨架图获得了较理想的识别效果。

## 参考文献:

- [1] 章毓晋. 图像处理和分折[M]. 北京:清华大学出版社, 1999.  
ZHANG Y J. *Image processing and analyzing* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999. (in Chinese)
- [2] 刘桂雄,申柏华,冯云庆,等. 基于改进的Hough变换图像分割方法[J]. 光学精密工程, 2002, 10(3): 257-260.  
LIU G X, SHEN B H, FENG Y Q, et al. Study on image segmentation based on improved Hough transform[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 10(3): 257-260. (in Chinese)
- [3] 孙星明. 基于知识的细化汉字笔划矫正方法[J]. 现代计算机. 1999, (2): 29-30.  
SUN X M. A knowledge based technique in the correction of strokes of thinned Chinese characters[J]. *Modern Computer*, 1999, (2): 29-30. (in Chinese)
- [4] 霍宇翔. 细化畸变节点形态分析及修正策略研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 1997, 9(6): 500-505.  
HUO Y X. Analysis of node patterns after thinning and research on modification strategy[J]. *Journal of CAD and Graphics*, 1997, 9(6): 500-505. (in Chinese)
- [5] 田村秀行. 计算机图像处理技术[M]. 北京:北京师范大学出版社, 1986.  
TIAN CUN X X. *Technology of computer image processing* [M]. Beijing: Beijing Normal University Press, 1986. (in Chinese)
- [6] 何永义,夏俊日升. 工程图像的矢量化技术[J]. 光学精密工程, 2002, 10(4): 374-378.  
HE Y Y, XIA J R S. Vectorizational techniques of engineering image[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2002, 10(4): 374-378. (in Chinese)
- [7] HOSEPH S H, PRIDMORE T P. Knowledge based interpretation of mechanical engineering drawings[J]. *IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1992, 14(9): 928~941.

作者简介:刘桂雄(1968-),男,广东揭阳人,教授,工学博士,华南理工大学机械工程学院光机电一体化研究所书记、副所长,研究方向:现代检试技术及其自动化。