

图像并行细化算法改进研究

陈梅¹, 王健²

(1. 曲阜师范大学 电气信息与自动化学院, 日照 276826; 2. 山东水利职业学院 商务管理系, 日照 276826)

摘要 图像细化处理在字符识别、指纹识别等模式识别中有着重要的应用。本研究针对图像并行细化算法中存在细化后信息丢失及斜线细化存在冗余像素的问题, 提出一种改进的图像并行细化算法。针对斜线细化中出现的问题, 在 ZS 算法和 EPTA 算法的基础上构造了一组可更好地消除冗余像素的消除模板和避免信息丢失的保留模板; 针对二像素直线细化过程中信息丢失的问题, 在 ZS 算法的基础上构造了一组保留模板; 针对对称图像细化过程中图像出现不对称性的问题, 构造了一组对称的保留模板。实验表明, 本研究提出的改进算法能很好地解决图像并行细化过程中产生的信息丢失及像素冗余等问题, 使图像完全细化, 骨架保留完整。

关键词 并行细化算法; 消除模板; 保留模板; 二像素直线

中图分类号 TP391

文献标识码 A

文章编号 1674-5752(2014)01-30-05

Research on Improved Image Parallel Thinning Algorithm

CHEN Mei¹, WANG Jian²

(1. School of Electrical Information and Automation Engineering, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China;

2. Department of Business Management, Shandong Water Polytechnic, Rizhao 276826, China)

Abstract Image thinning process is very important for image recognition. According to the problems of parallel thinning algorithms, such as information loss and the redundant pixels existing in slash thinning, an improved parallel thinning algorithm was proposed in this study. A set of elimination templates and reservation templates were constructed to eliminate the redundant pixels and avoid the information loss based on ZS algorithm and EPTA algorithm. Aiming at the loss of information of the two pixels linear, a set of reservation templates was proposed based on ZS thinning algorithm. A set of symmetric reservation templates was proposed for the symmetric image. Experimental results showed that the improved algorithm can solve the problems of the information loss and redundant pixels. It can make the image with the complete thinning and skeleton.

Key words Parallel thinning algorithm; Elimination template; Reservation template; Two pixels linear

主要内容。

0 引言

图像细化是在保持原图像框架结构信息的前提下, 删除多余的像素, 得到单像素宽度的骨架结构, 以便于分析图像。细化处理能极大地消除图像中的冗余像素, 在字符识别、指纹识别等模式识别中有着重要的应用。如何快速、正确地提取图像的骨架, 是图像细化研究的

图像细化算法有很多种, 主要包括迭代法及非迭代法, 迭代法分为串行细化和并行细化算法。在串行算法中, 是否删除像素在每次迭代的执行中是固定顺序的, 它不仅取决于前次迭代的结果, 也取决于本次迭代中已处理过的像素点的分布情况; 而在并行算法中, 像素点删除与否与图像中像素值的顺序无关, 仅取决于前次迭代的结果。现有的迭代算法各有优缺点, 其中 ZS 算

收稿日期: 2013-10-20 修回日期: 2013-10-30

项目来源: 曲阜师范大学校级科研项目——基于多重特征车牌定位算法的研究(No. XJ201204);

国家自然科学基金面上项目——随机非线性切换系统的智能优化控制器设计及性能分析(No. 61374004)

法^[1]尤为典型，它是一种并行的、8邻接的细化算法，其最突出的优点是对于直线、T行交叉和拐角，经过算法细化后能够比较精确地和原图像保持一致；其迭代次数少，运行速度快，是目前在字符图像处理中应用最为普遍的算法之一。缺点是其导致局部信息丢失、细化结果存在冗余像素。LW细化算法^[2]是对ZS算法的改进算法，改善了ZS算法的局部信息丢失问题，但同时又产生多余枝杈问题，且细化结果仍然存在冗余像素。EPTA算法^[3]是在ZS算法和LW细化算法的基础上提出的一种增强的并行细化算法，其克服了ZS算法存在的斜线信息丢失、冗余像素残留的问题，并改进了LW细化算法存在的多余枝杈问题，但对部分图像的细化仍存在细化不完全的问题。近年来出现了很多基于ZS算法的改进算法^[4-7]，这些算法尚存在图像细化不完全、图像信息丢失或存在冗余像素等问题。

本研究是在分析ZS、LW和EPTA并行细化算法的基础上，针对细化不完全及细化过程中图像信息丢失的问题提出的一种基于模板的改进图像并行细化算法，通过保留模板实现图像的完整细化，通过消除模板实现图像的完全细化。

1 典型的图像细化算法

ZS、LW和EPTA算法都是并行的、8邻接细化算法，8邻域表示如图1所示。物体轮廓点或前景点值为1，图像背景点值为0。

p_8	p_1	p_2
p_7	p_0	p_3
p_6	p_5	p_4

图1 8邻域示意图
Fig.1 8-neighborhood

1.1 ZS算法

ZS算法^[1]是典型的图像并行细化算法，该算法对物体轮廓点（前景点）像素的8邻域分步进行算术逻辑运算，依据运算结果判断该像素是否被删除。对于值为1的任意像素 p_0 ，其细化过程如下。

1) 若 p_0 点的8邻域点满足以下条件：

$$\textcircled{1} 2 \leq N(p_0) \leq 6$$

$$\textcircled{2} S(p_0) = 1$$

$$\textcircled{3} p_1 \cdot p_3 \cdot p_5 = 0$$

$$\textcircled{4} p_3 \cdot p_5 \cdot p_7 = 0$$

标记 p_0 为待删除，待本次扫描结束后，将标记的像素删除，即令 $p_0 = 0$ 。其中， $N(p_0)$ 表示 p_0 像素8邻域中非0点的个数， $S(p_0)$ 表示 p_0 像素8邻域中顺时针转一周像素值由0变1的次数。

2) 若 p_0 点同时满足1)中的①和②以及以下条件⑤和⑥，标记 p_0 待删除。

$$\textcircled{5} p_1 \cdot p_3 \cdot p_7 = 0$$

$$\textcircled{6} p_1 \cdot p_5 \cdot p_7 = 0$$

重复上述操作，直到目标图像中没有可删除的像素，则细化过程结束。

ZS算法的优点是细化后的字符图像骨架特征信息保存完整，连续性好，基本为单像素。缺点是对斜线的处理存在冗余像素，同时，对二像素宽直线的处理容易出现因信息丢失而产生畸变的现象。后续研究人员在ZS算法的基础上提出了许多改进算法，典型的有LW细化算法和EPTA算法。

1.2 LW细化算法

LW细化算法将ZS算法中的条件①改为 $3 \leq N(p_0) \leq 6$ ，该算法解决了二像素斜线细化畸变的问题，但细化效果不够理想，存在像素冗余的问题，并存在多余枝杈。

1.3 EPTA算法

EPTA算法第一阶段的算法与ZS算法相似，只是对二像素斜线增加了一个判决条件，若所有标记删除的像素满足 $N(p_0) = 2$ ，则该像素保留，即 $p_0 = 1$ 。当这个扫描过程结束后，添加第二扫描阶段，在这个过程中利用2个条件^[3]删除图像中存在的冗余像素，同时能较大幅度地减少斜线信息的丢失。但EPTA算法的缺点是对部分图像的细化不完全。

2 基于模板的改进图像并行细化算法

针对上述几种算法中，图像细化后普遍存在冗余像素及产生图像畸变的问题，本研究在ZS算法的基础上提出了改进算法。改进算法的第一步采用ZS算法对图像进行细化，然后针对ZS算法中存在的斜线细化冗余问题，结合EPTA算法构造了消除模板和保留模板，并针对二像素问题给出了保留模板。

2.1 斜线的消除算法

1) 斜线细化的消除模板

在EPTA算法中,对斜线中的像素冗余给出了两个消除模板,为了完全消除像素冗余,本研究算法在EPTA算法的基础上,增加了两个对称的模板,提出了4个消除模板,如图2所示。图2a~图2d分别表示右上角、右下角、左下角、左上角四种斜线消除冗余的 p_0 点的情况。

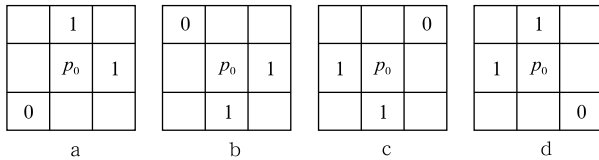


图2 消除模板
Fig.2 Elimination templates

图2中 p_0 满足的4个条件为:

- (a1) $p_1 \times p_3 + p_6 = 1$
- (b1) $p_3 \times p_5 + p_8 = 1$
- (c1) $p_5 \times p_7 + p_2 = 1$
- (d1) $p_7 \times p_1 + p_4 = 1$

2) 斜线细化的保留模板

通过上述消除模板细化后的图像,容易丢失信息,形成断点。为了保持图像的连续性,当相邻像素同时满足消除模板时,根据保留模板需要保留两个像素中的一个。如图3a中, p_0 点满足图2b, p'_0 点满足图2d中的消除模板,细化后,会产生断点。为了消除断点,对图3a中的 p_0 保留, p'_0 消除。以此类推,图3其余模板中的 p_0 均保留, p'_0 均消除。

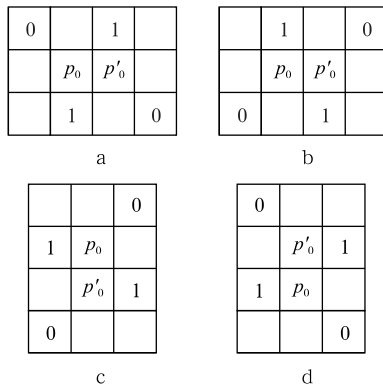


图3 保留模板
Fig.3 Reservation templates

图3中 p_0 满足的4个条件为:

- (a2) $p_2 \times p_3 \times p_5 + p_8 = 1$
- (b2) $p_1 \times p_3 \times p_4 + p_6 = 1$

(c2) $p_4 \times p_5 \times p_7 + p_2 = 1$

(d2) $p_7 \times p_1 \times p_2 + p_4 = 1$

2.2 二像素图像的细化算法

对横向、纵向相邻非0像素的个数为偶数的直线,利用ZS算法逐步细化时,线条越来越细,剩下横向或纵向相邻非0像素的宽度为2即二像素图像,如果继续细化,则会出现信息丢失的现象。当图像细化后,如果为二像素图像,利用图4中的保留模板可将像素 p_0 保留。图4a为横向二像素,图4b为纵向二像素,在两种情况下,保留 p_0 ,消除 p'_0 。

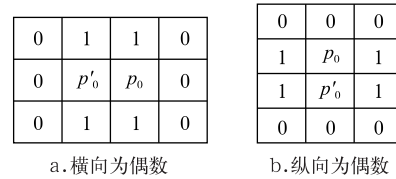


图4 二像素图像细化的保留模板
Fig.4 Reservation templates of two pixels image thinning

横向二像素中, p_0 满足以下条件:

(a3) $p_1 \times p_5 \times p_6 \times p_7 \times p_8 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$

纵向二像素中, p_0 满足以下条件:

(b3) $p_3 \times p_4 \times p_5 \times p_6 \times p_7 + p_1 + p_2 + p_8 = 1$

2.3 对称图像的对称细化

为了使左右、上下对称图像细化后不失真,细化时可从图像左右及上下两个方向分别使用对称模板,如图5所示。在图4a与图5a模板中,1,0点的像素位置相同,只是两模板中的 p_0 点、 p'_0 点位置互换。如果对于完全对称的图像用同一个模板,细化后的图像会出现不对称的情况,为了消除这种不对称性,对于对称图像,左边用图4a模板,右边用图5a模板,细化时,都保留 p_0 ,消除 p'_0 。由于两个模板中的 p_0 是完全对称的,所以细化后的图像能保持对称性。如图像中仅包括数字0、x等对称的字符,在细化时,以图像对称中心为参考点,对称中心的左、上部分的图像细化时,使用图4中的保留模板,右、下部分的图像使用图5中的保留模板,即可得到对称的细化字符。

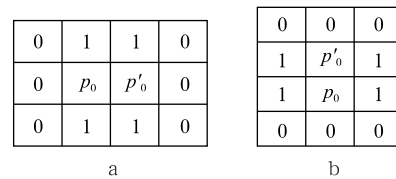


图5 对称的保留模板
Fig.5 Symmetric reservation templates

在图 5 对称模板中, p'_0 点满足以下条件:

$$(a4) p_1 \times p_5 \times p_6 \times p_7 \times p_8 + p_2 + p_3 + p_4 = 1$$

$$(b4) p_3 \times p_4 \times p_5 \times p_6 \times p_7 + p_1 + p_2 + p_8 = 1$$

图 6 中给出了对称图形的处理结果, 图 6b 中 ZS 算法细化后的图像失真, 图 6c 中 EPTA 算法细化后的图像信息保留比较完整, 但上下不满足对称性。图 6d 中改进算法细化后的图像信息既完整又满足对称性。

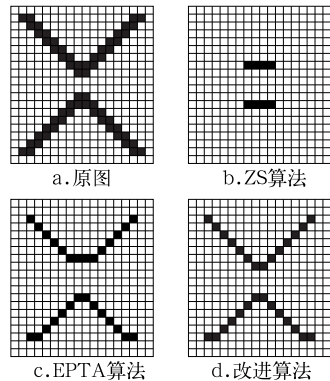


图 6 对称图形的处理结果

Fig. 6 Process results of symmetric figures with different algorithm

2.4 改进算法流程

根据上面的分析, 本算法流程如下。

1) 逐个扫描图像中的像素, 若图像中的像素 p_0 满足 ZS 算法的条件, 不满足保留模板 (a3)、(b3), 则标记删除, 本次扫描结束后, 删除该像素, 进行下次扫描。

2) 若图像中的像素满足删除模板的条件 (a1)~(d1), 但不满足保留模板的条件 (a2)~(d2) 时, 则删除该像素。

3) 如果图像满足对称性, 图形的左上角到中心利用 (a3)、(b3) 进行对称模块细化, 右下角到中心利用 (a4)、(b4) 进行对称模板细化。

3 实验结果及分析

为了验证算法细化的效果, 用 Visual C++ 编程分别实现了 ZS 算法、EPTA 算法及本研究提出的改进算法。通过对大量文字和指纹图像进行细化, 对三种算法的处理性能进行了比较, 并选择部分结果进行分析。

图 7 给出三种算法对手写体汉字图像的细化结果。图 7e 是 ZS 算法与改进算法细化后 ‘白’ 字撇上的比较, 很明显 ZS 算法存在像素冗余现象。图 7f 是 EPTA 算法与改进算法细化后 ‘日’ 字左下角的比较, 很明显

EPTA 也存在不完全细化现象。图 8 是指纹细化的结果对比, 三种算法都能保持图像的连接属性, 但图像放大后, 同样 ZS 和 EPTA 算法存在细化不完全现象, 而改进的算法能完全细化。



图 7 手写体的细化

Fig. 7 Thinning of handwritten words

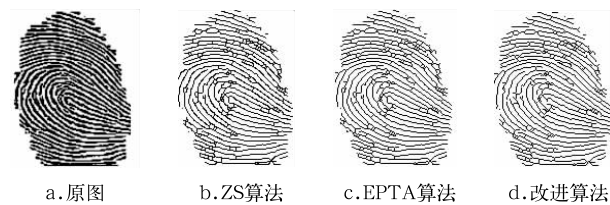


图 8 指纹细化的结果

Fig. 8 Results of fingerprint thinning

通过以上实验结果分析, 本研究提出的改进算法由于约束条件比 ZS 算法和 EPTA 算法多, 可以克服 ZS 算法和 EPTA 算法存在的像素冗余和图像畸变问题, 从而得到更好的细化效果。

4 结论

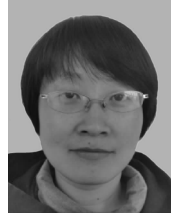
本研究在分析已有的 ZS 算法和 EPTA 算法优缺点的基础上, 针对 ZS 算法和 EPTA 算法中的信息丢失和细化不完全的问题, 提出一种改进的细化算法。改进算法利用消除模板解决了图像细化不完全的问题, 通过保留模板解决了图像细化中信息丢失的问题。将 ZS 算法、EPTA 算法及改进算法应用于图像并行细化中, 实验结果表明, 改进算法能使图像完全细化, 骨架保留完整, 是一种较为快速、可靠的细化算法, 在字符、指纹等图像识别中有较好的应用价值。

参考文献

[1] ZHANG Y Y, SUEN C Y. A Fast Parallel Algorithm for

- Thinning Digital Patterns [J]. Communications of the ACM, 1984, 27(3): 236-239.
- [2] LUH E, WANG P S P. An Improved Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns [C] // Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Washington, USA: IEEE Computer Society, 1985: 364-367.
- [3] 包建军, 樊菁. 鲁棒的二值图像并行细化算法[J]. 计算机辅助工程, 2006, 15(4): 43-46.
BAO Jian-jun, FAN Jing. Robust Parallel Thinning Algorithm for Binary Images [J]. Computer Aided Engineering, 2006, 15(4): 43-46.
- [4] 王家隆, 郭成安. 一种改进的图像模板细化算法[J]. 中国图形图像学报, 2004, 9(3): 297-301.
WANG Jia-long, GUO Cheng-an. An Improved Image Template Thinning Algorithm [J]. Journal of Image and Graphics, 2004, 9(3): 297-301.
- [5] 韩建峰, 宋丽丽. 改进的字符图像细化算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2013, 25(1): 62-66.
HAN Jian-feng, SONG Li-li. An Improved Thinning Algorithm for Character Image [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2013, 25(1): 62-66.
- [6] 牟少敏, 杜海洋, 苏平, 等. 一种改进的快速并行细化算法[J]. 微电子学与计算机, 2013, 30(1): 53-55.
MOU Shao-min, DU Hai-yang, SU Ping, et al. A New Improved Fast Parallel Thinning Algorithm [J]. Microelectronics, 2013, 30(1): 53-55.
- [7] 王朋, 张有光, 张烁. 指纹图像细化的综合化算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009, 21(2): 179-182.
WANG Peng, ZHANG You-guang, ZHANG Shuo. A Synthetically Thinning Algorithm for Fingerprint Image [J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2009, 21(2): 179-182.

主要作者



陈梅 (1975年-), 硕士, 讲师; 主要研究方向图像处理与模式识别。

CHEN Mei, born in 1975. She got the master degree and now is a lecturer. Her major research interests include the image process and

pattern recognition.

E-mail: chenmeiwj@126.com

书讯

食品包装创意设计

本书适合一线设计师阅读, 内容为国际知名设计师、设计机构的设计作品案例集萃, 主要针对食品包装装潢设计。《包装 & 设计》杂志在中国具有很广泛的设计受众, 且受到行业内读者的喜爱, 同时, 书中在介绍优秀案例的同时, 对各著名设计机构、国际赛事也进行了介绍, 有利于设计师与世界接轨、开拓视野。

编者: 《包装 & 设计》杂志社、印刷工业出版社

出版日期: 2013年6月

出版单位: 印刷工业出版社

ISBN: 9787514208740

定价: 59元

购书热线: 010-88275811