

一种改进的快速并行细化算法

牟少敏, 杜海洋, 苏 平, 查绪恒, 陈光艺

(山东农业大学 信息科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

摘 要: 对二值化的图像进行细化处理在目标识别中有着重要的应用. Zhang 快速并行细化算法是一种常用的细化算法, 其细化结果保持了原图像的连通性, 且形态结构保持较好, 无毛刺现象. 但是细化后结果不能保证为单一像素, 这为图像的后期处理带来了困难. 本文对 Zhang 并行细化算法进行了改进, 实验结果表明改进后的细化结果保证为单一像素, 且又保持原有算法的优点.

关键词: Zhang 快速并行细化算法; 二值图像; 8 邻域; 单像素

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)01-0053-03

A New Improved Fast Parallelthinning Algorithm

MU Shao-min, DU Hai-yang, SU Ping, ZHA Xu-heng, CHEN Guang-yi

(School of Information Science and Engineering, Shandong Agriculture University, Taian 271018, China)

Abstract: The thinning of the binary image has important application in target recognition. Zhang's fast parallel thinning algorithm is a kind of common thinning algorithm. Its thinning result maintains the connection of the original image, has a good structural form and has no burs. However it can't ensure the single pixel width, which brings difficulties for post-processing. In this paper, we make some improvement about Zhang's fast parallel thinning algorithm. Experimental results show that the results of the improved algorithm can not only ensure a single pixel width, but maintain the advantages of the original algorithm.

Key words: Zhang's fast parallel thinning algorithm; binary image; 8 neighbors; single pixel

1 引言

数字图像处理技术广泛的应用于人脸识别和指纹识别等各个领域^[1], 而二值图像的细化是数字图像处理技术的一项重要工作. 细化是指在保持图像拓扑结构的情况下, 寻找目标图像的骨架或中轴线, 以单像素骨架代替原有图像, 极大消除图像中的冗余信息的过程. 细化是图像处理中的一种预处理方式, 它能在保持原物体的形状信息的同时尽量减少了原物体的冗余信息, 快速提取图像的特征. 图像细化效果的好坏直接影响后期图像处理的效果与精确度. 理想细化后的骨架应该是在原图像的中心位置, 并且保持了原图像的拓扑结构、连通性和细节特征. 一个好的细化算法应该满足下列条件^[2]:

- (1)收敛性: 迭代必须是收敛的;
- (2)链接性: 不破坏纹路的连接性;
- (3)拓扑性: 不引起纹路的逐步吞食, 保持原图像的基本结构特征;
- (4)保持性: 保护元图像的细节特征;
- (5)细化性: 骨架纹路的宽度为 1 个像素, 即单像素宽;
- (6)中轴性: 骨架尽可能接近条纹中心线;
- (7)快速性: 算法简单, 速度快.

对于二值图像已经有不少细化算法, 从细化处理顺序来看主要分为三类: 串行细化、并行细化和串并行混合细化. 常用的细化算法有 OPTA (One-Pass Thinning Algorithm) 细化算法^[3]、Zhang 快速并行细化算法^[4]等. 而目前在图像处理中应用较多

收稿日期: 2012-05-20; 修回日期: 2012-06-18

基金项目: 国家自然科学基金(61105056); 国家 SRT 项目(101043421); 山东农业大学青年科技创新基金项目(200923647)

的是快速细化算法^[5]和改进的 OPTA 算法^[6]。

2 Zhang 快速并行细化

Zhang 细化算法具有速度快、保持细化后曲线的连通性和无毛刺产生等优点,但它细化后的结果不能保证曲线纹路为单一像素,细化不彻底^[7]。Holt 对 Zhang 细化算法进行了改进,进一步提高了该算法的运算速度,但细化效果并没有提升,并且细化结果拓扑结构易发生变化^[8]。

为了方便描述,在这里先给出几个基本概念:

(1)目标点和背景点:目标点指像素值为 1 的点,与此对应,背景点像素值为 0。

(2)8 邻域:如图 1 所示,设有任意像素点 P_1 , P_1 的 8 邻点即以 P_1 为中心的 3×3 区域中除了 P_1 点以外的 P_2 到 P_9 的 8 个点。

P_9	P_2	P_3
P_8	P_1	P_4
P_7	P_6	P_5

图 1 P_1 的 8 邻域

(3)边界点:属于目标点,且其 8 邻域中至少有一个为背景点。

(4)端点:属于边界点,且其 8 邻域至少有一个为目标点。

设已知目标点标记为 1,背景点标记为 0。Zhang 快速并行细化算法执行过程对边界点进行如下操作:

1. 寻找以边界点为中心的 8 邻域,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 上方。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 $P_2 \times P_4 \times P_6 = 0$;
- 1.4 $P_4 \times P_6 \times P_8 = 0$;

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 到 1 变化的次数。

2. 同第 1 步,仅将前面条件 1.3 改为 $P_2 \times P_4 \times P_8 = 0$;条件 1.4 改为条件 $P_2 \times P_6 \times P_8 = 0$ 。同样当对所有边界点都检验完毕后,将所有标记了的点除去。

3. 以上两步操作构成一次迭代,直至没有点再满足标记条件,这时剩下的点组成区域即为细化后骨架。

图 2(b)是 Zhang 快速并行细化算法对图 2(a)细化后的结果,在图 2(c)中将细化结果局部放大后可以发现,细化后的曲线并非单一像素。为了改进这一缺点,本文提出了一种改进算法。



(a) 原图 (b) 细化结果 (c) 局部放大

图 2 Zhang 快速并行细化结果

3 本文算法

经过分析 Zhang 算法的原理和细化后的图像,发现导致细化后纹路非单一像素原因是因为部分该删除的点由于不满足 Zhang 细化算法删除条件 1.2 $S(P_1) = 1$ 而被遗漏掉,本文将这些点分为三类,如图 3~图 5 所示。

第一类为 8 邻域点中目标像素的个数为 2 个,共 4 种:

0	1	0
1	1	0
0	0	0

0	1	0
0	1	1
0	0	0

0	0	0
0	1	1
0	1	0

0	0	0
1	1	0
0	1	0

图 3 第一类的 4 种点

第二类为 8 邻域点中目标像素的个数为 3 个,共 8 种:

0	1	0
0	1	1
0	0	1

0	1	0
1	1	0
1	0	0

0	0	1
0	1	1
0	1	0

1	0	0
1	1	0
0	1	0

0	1	1
1	1	0
0	0	0

0	0	0
1	1	0
0	1	1

0	0	0
0	1	1
1	1	0

1	1	0
0	1	1
0	0	0

图 4 第二类的 8 种点

第三类为 8 邻域点中目标像素的个数为 4 个,共 4 种:

1	1	0
0	1	1
0	0	1

0	1	1
1	1	0
1	0	0

0	0	1
0	1	1
1	1	0

1	0	0
1	1	0
0	1	1

图 5 第三类的 4 种点

为了易于识别此类点,本文将8邻域点进行二进制编码,从 P_2 到 P_9 共八位,每一位用一位二进制数表示,若邻域点值为1则相对应的二进制位也为1,若邻域点值为0则相对应二进制位为0.如图6(a)目标点的8邻域,转化为二进制编码为图6(b).

1	0	0
1	1	0
0	1	1

(a) 某一目标点的8邻域

P_9	P_8	P_7	P_6	P_5	P_4	P_3	P_2
1	1	0	1	1	0	0	0

(b) 转化后的二进制编码

图6 目标点的8邻域与二进制编码转换

对所有遗漏目标点的8邻域进行编码,并转化为十进制,第一类点转化结果为:65、5、20和80,第二类点转化结果为:13、97、22、208、67、88、52和133,第三类点转化结果为:141、99、54和216.

在扫描过程中,上述16种目标点不能全部删除,否则会出现断点.适当选取删除点,以达到最好细化效果,使其既能保证单一像素,又保持原有图像的拓扑结构.经过实验发现,删除以下组合中的10个点效果最为良好.第一类中4中全部删除,编码组合为{65,5,20,80},第二类中选择4种删除,编码组合为{13,22,52,133},第三类种删除2个,编码组合为{141,54},总的删除点集合为{65,5,20,80,13,22,52,133,141,54}.

在改进算法扫描过程中,如果目标点不满足 $S(P_1)=1$,则在如下处理:

计算目标点八邻域二进制编码 $B(P_1) = \sum_{n=2}^9 (P_n \times 2^{n-2})$,如果 $B(P_1)$ 属于编码集合{65,5,20,80,13,22,52,133,141,54},则将其标记为删除.

本文提出的改进算法描述如下:

1. 寻找以边界点为中心的8邻域,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 上方.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 $S(P_1)=1$ 或 $B(P_1) \in \{65, 5, 20, 80, 13, 22, 52, 133, 141, 54\}$;

1.3 $P_2 \times P_4 \times P_6 = 0$;

1.4 $P_4 \times P_6 \times P_8 = 0$;

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到1变化的次数, $B(P_1)$ 为 P_1 八邻域点的二进制编码的值,即 $B(P_1) = \sum_{n=2}^9 (P_n \times 2^{n-2})$.

2. 同第1步,仅将前面条件1.3改为 $P_2 \times P_4 \times P_8 = 0$;条件1.4改为条件 $P_2 \times P_6 \times P_8 = 0$.同样当对所有边界点都检验完毕后,将所有标记了的点除去.

3. 以上两步操作构成一次迭代,直至没有点再满足标记条件.

4 实验结果及分析

为了验证本文算法的有效性,本文在Windows XP操作系统和Visual C++环境下,分别实现Zhang快速并行细化算法、Holt改进Zhang细化算法、OPTA细化算法和本文细化算法,并对一系列有代表性的图像分别进行细化处理,原始图像如图7,处理结果如图8所示.



图7 原始图像

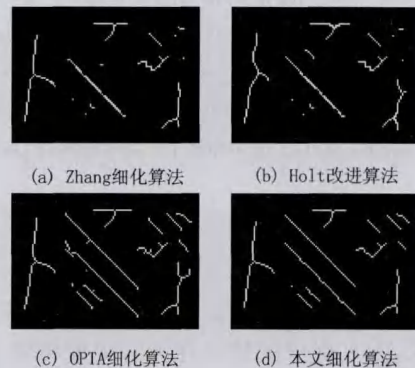


图8 实验结果对比

从图8对比可以看出,新的细化算法的细化效果较为优异,改进了Zhang细化算法结果中的非单一像素及某些线条细化后消失的现象,并且较好的避免了Holt细化算法目标图像拓扑结构的变化和OPTA中的毛刺现象.本文改进的细化算法的处理结果保证为单一像素,且无毛刺产生,保持了原图的拓扑结构和连通性,细化效果较为理想.

5 结束语

本文对Zhang快速细化算法进行深入研究的基础
(下转第60页)

因此,在实际应用中,应按照不同需要选择电感基板材料及几何尺寸。

本文虽然只讨论了单圈平面电感的特性变化,但其分析方法及所得结论同样适用于多圈平面电感及立体螺旋电感。

参考文献:

- [1] 杨邦朝,付贤民,胡永达. 低温共烧陶瓷(LTCC)技术新进展[J]. 电子元件与材料,2008,27(6):1-5.
- [2] Tuck Boon Chan, Hsin-Chia Lu, Jun-Kuei Zeng, et al. LTCC spiral inductor modeling, synthesis, and optimization[J]. IEEE, 2008:768-771.
- [3] Zhao Jixiang. Lumped equivalent circuit of planar spiral inductor for CMOS RFIC Application[J]. Chinese

Journal of Semiconductors, 2005,26(11):2058-2061.

- [4] Sotiris Bantas Yorgos koutsoyannopoulos and apostolos, an inductance modeling flow seamlessly integrated in the RF IC design chain [J]. IEEE, 2004 (3): 30039-30044.
- [5] Greenhouse H M. Design of planar rectangular micro-electronic inductors[J]. IEEE,1974,10(2):101-109

作者简介:

牛晓威 女,硕士研究生. 研究方向为 DC/DC 变换器.

王俊峰 男,硕士研究生导师,研究员. 研究方向为混合集成电路.

付翀丽 女,硕士,高级工程师. 研究方向为混合集成电路.

(上接第 55 页)

础上,提出了一种改进算法. 经过实验证明,本文改进的算法在保证原有算法的优点基础上,改进了原算法细化结果非单一像素的缺点,且保证了原算法快速的优点,细化效果较好。

参考文献:

- [1] 杨颖娟. 基于 PCA 算法和小波包变换的人脸识别技术[J]. 微电子学与计算机,2011,28(1):92-94.
- [2] 冯星奎,李林艳,颜组泉. 一种新的指纹图像细化算法[J]. 中国图象图形学报,1999,4(10):835-838.
- [3] Chin R T, Wan H K, Stover D L, et al. A one-pass thinning algorithm and its parallel implementation[J]. Computer Vision Graphics Image Processing, 1987, 40 (1):30-40.

- [4] Zhang T Y, Suen C Y. A fast thinning algorithm for thinning digital patterns[J]. Communications of ACM, 1984,27(3):236-239.

- [5] 李川,彭甫谔,陆建峰. 基于距离场细化的骨架提取算法[J]. 微电子学与计算机,2011,28(10):114-117.

- [6] 卞维新,徐德琴. 指纹图像细化的复合式算法[J]. 中国图象图形学报,2011,16(6):1015-102.

- [7] Holt C M, Stewart A, Clint M, et al. An improved parallel thinning algorithm[J]. Communications of the ACM, 1987,30(2):156-160.

作者简介:

牟少敏 男,(1964—),博士,副教授. 研究方向为机器学习、数字图像处理、模式识别和信息安全等。