

图像细化及其连通性保持的方法研究

张洪波, 赵 钢, 周启龙

(沈阳农业大学 信息与电气工程学院, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 利用数学形态学的方法对电力工程图纸进行细化的问题进行了研究, 给出了具体的算法步骤, 通过实验获得了符合要求的细化图像。对于某些细化后会产生空洞、断点的原始图像, 需要对细化后的图像运用闭运算进行填充以保持细化后图像的连通性。

关键词: 数学形态学; 结构元素; 细化; 闭运算

中图分类号: TB115 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1700(2004)03-0256-03

Study on Thinning and Keeping Connectivity of Images

ZHANG Hong-bo, ZHAO Gang, ZHOU Qi-long

(College of Information and Electrification Engineering, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: In this paper, the main research point is the thinning method to the power engineering drawing using mathematical morphology. The detail steps of the thinning algorithm are given and the satisfactory thinning images are obtained through experiments. In some cases, the original images will produce cavities and breakpoints after, it needs to be processed by closing method in order to keep the connectivity of thinning image.

Key words: mathematical morphology; structure element; thinning; closing

电力工程图纸的矢量化通常是针对范围比较小的地区和比例尺较小的设备(变台、杆塔等)进行操作, 这就使图像细化工作尤为重要。图像的细化过程是图像“骨架”的提取过程, 图像的“骨架”是描述图像几何及拓扑性质的重要特征之一, 准确地掌握图像的“骨架”可以使处理后的图像更加简洁和易于掌握, 为矢量化的准确性提供保障。

近 30 年来, 国内外对细化算法也进行了大量的研究, 提出了许多种细化算法^[1]。一般细化算法是在以下两类的基础上发展起来的: 一类是 Blum 定义的一种细化方法即所谓的中轴变换; 另一类是 Rosenfeld 提出的局部差别删除法。由于这些算法在用于较复杂模式时, 都不同程度存在判据复杂、执行时间长、对噪声敏感、不能很好的保持原图像的形状和连通性等问题。因此, 未能在图像处理领域和识别领域得到广泛的应用。

1 基于数学形态学的细化算法

数学形态学提出了一套独特的变换和算法, 开辟了数字图像处理的新途径。数学形态学(Mathematical Morphology)是分析几何形状和结构的数学方法, 是建立在集合代数基础之上, 用集合论方法定量描述集合结构的科学。1985 年后, 它逐渐成为分析图像几何特征的工具。

1.1 数学形态学运算的基本理论和基本运算^[1]

数学形态学是由一组形态学的代数运算子组成。最基本的形态学运算子有: 腐蚀(Erosion)、膨胀(Dilation)、开(Opening)和闭(Closing)。通过这些运算子组合可以进行图像形状和结构的分析及处理。

1.1.1 结构元素 为了确定目标图像的结构, 必须逐个地考察图像各部分之间的关系并进行检验, 最后将得到一个各部分之间关系的集合。在考察图像各部分之间的关系时, 需要设计一种收集信息的“探针”即“结构元素”或“结构矩阵”。在图像中不断移动结构元素, 就可以考察图像各部分之间的关系。

1.1.2 腐蚀和膨胀运算 对一个给定的目标图像 X 和一个结构元素 S , 将 S 在图像上移动、在每一个当前位置 x , 若 $S[x]$ 与 X 最大相关即 $S[x] \subseteq X$ 。满足此条件的点 x 的全体构成了结构元素与图像的最大相关点集。称这个点集为 S 对 X 的腐蚀, 记为 $X \ominus S = \{x | S[x] \subseteq X\}$ 。与腐蚀相反, 可以把 X 中的每一个点 x 扩大为 $S[x]$, 即膨胀运算, 记为 $X \oplus S$ 。此式定义为 $X \oplus S = \{x | S[x] \cap X \neq \Phi\}$ 。

1.1.3 开运算与闭运算 在腐蚀和膨胀两个基本运算的基础上可以构造出形态学运算族。开运算和闭运算是

收稿日期: 2004-03-01

作者简介: 张洪波(1980-), 女, 沈阳农业大学硕士研究生, 从事电子信息技术在农业中的应用的研究。

其中两个最为重要的组合运算。

开运算: $X \circ S = (X \ominus S) \oplus S$

闭运算: $X \bullet S = (X \oplus S) \ominus S$

1.2 对细化结果的一般要求^[5]

- (1) 细化过程中, 目标图像应该有规律的缩小。
- (2) 细化过程中, 目标图像的连通性保持不变。

1.3 细化算法^[1, 2]

一幅图像中的一个 3×3 区域, 对各点标记名称 P_1, P_2, \dots, P_9 , 其中 P_1 位于中心。如果 $P_1=1$ (即黑点), 下面四个条件如果同时满足, 则删除 P_1 ($P_1=0$)。

- (1) $2 \leq NZ(P_1) \leq 6$;
- (2) $Z_0(P_1)=1$;
- (3) $P_2 * P_4 * P_8=0$ 或者 $Z_0(P_2) \neq 1$;
- (4) $P_2 * P_4 * P_6=0$ 或者 $Z_0(P_4) \neq 1$ 。

对图像中的每个点重复这一步骤, 直到所有的点都不可删除为止。

P_3	P_2	P_9
P_4	P_1	P_8
P_5	P_6	P_7

图1 点 P_1 和邻近点

Figure 1 Point P_1 and adjacent points

1	1	0
1	P_1	1
0	0	0

0	0	0
1	P_1	0
0	0	0

1	0	1
0	P_1	0
1	1	1

图2 三种不能删除的情况

Figure 2 Three certain situations of unable to be deleted

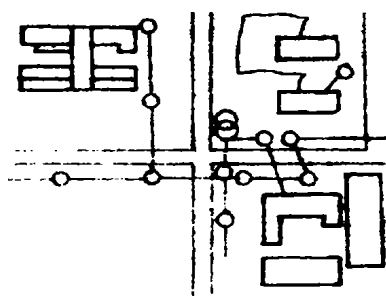
1.4 细化算法的步骤

- (1) 读入原始图像 I_0 ;
- (2) 将原始图像进行二值化处理, 得到二值图像 I_b ;
- (3) 按行依次读取像素值为“1”的点 (即黑点), 并将其作为中心点取 5×5 相邻区域像素值;
- (4) 逐步判断 1.3 中的四个条件, 若有一个条件不满足跳转到(3), 若都同时满足则删除中心点;
- (5) 判断是否所有像素处理完毕, 是则跳转到(6), 否则跳转到(3);
- (6) 结束。

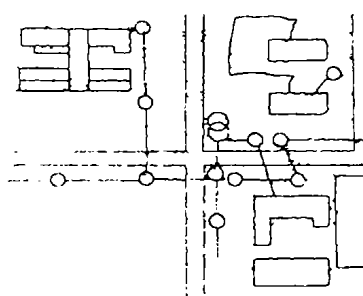
1.5 细化的实验结果

本实验采用 Visual C++ 作为开发平台, Visual C++ 是 Microsoft 公司推出的目前使用极为广泛的基于 Windows 平台的可视化开发环境。其灵活性好, 对图像的处理功能强大, 完全可扩展以及具有强有力的 Internet 支持, 在各种 C++ 语言开发工具中脱颖而出, 成为目前最为流行的 C++ 语言集成开发环境。

图 3 中(a)为截取的电力工程图纸的二值图像, 利用 1.3 的细化算法并通过 1.4 的算法步骤对其进行细化处理, 结果如图 3 中(b)所示。



(a) 原始图像 Original image



(b) 细化图像 Thinning image

图3 细化的实验结果

Figure 3 Experimental results of thinning

2 通过闭运算保持细化图像的连通性

2.1 闭运算保持细化图像连通性的方法^[1]

腐蚀在数学形态学运算中的作用是消除物体边界点。这样,选取不同大小的结构元素就可以去掉不同大小的物体。一方面,如果两个物体之间有细小的连通,那么当结构元素足够大时,通过腐蚀运算可以将两个物体分开。另一方面,腐蚀运算还可以滤除宽度小于结构元素的孤立噪声和毛刺噪声。膨胀运算在数学形态学中的作用是把图像周围的背景点合并到物体中去,如果两个物体之间距离比较近,那么膨胀运算可能会使这两个物体连通在一起。膨胀运算对填补图像分割后物体中的空洞很有用。

开、闭运算将二者结合起来。开运算是先做腐蚀运算,运算结构使图像中宽度小于结构元素的孤立噪声和毛刺噪声得到滤除。第二步的膨胀运算则可以使腐蚀后线条变窄的图像得以恢复。而闭运算是先做膨胀运算,结果可使图像中宽度小于结构元素的空洞噪声和缺陷及断裂噪声得以填充。第二步的腐蚀运算使膨胀后线条变宽的图像得以恢复。由此可见,闭运算对填补空洞,修补断裂有很好的效果。

2.2 闭运算保持细化图像连通性的实验结果^[4]

图4为闭运算保持细化图像连通性的实验结果。

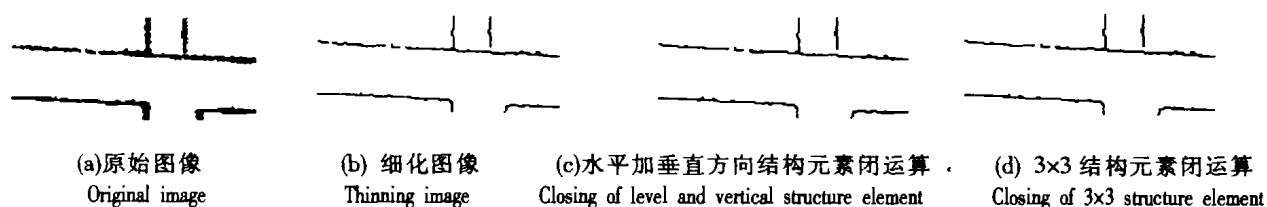


图4 闭运算保持细化图像连通性的实验结果

Figure 4 Experimental results of keeping the connectivity of thinning image by closing method

由图4可知,(c)和(d)的连通性都比(b)好,(d)比(c)对断裂点的修补更彻底,连通性更强。因此,在对细化图像进行闭运算时还要注意结构元素的合理选择。实验结果表明,对细化后有细微断裂的图像进行闭运算可修补细化图像的断点,能有效保持细化图像的连通性。

3 结论

本研究中运用数学形态学方法对部分截取的电力工程图纸进行细化。实验结果表明,数学形态学方法能有效地完成细化工作,细化后的图像清晰、简洁。利用数学形态学中的闭运算对细化后有空洞、断点的图像进行处理,保持细化后图像的连通性。

参考文献:

- [1] 何斌,马天予,王运坚,等. Visual C++数字图像处理(第二版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2003.335-393.
- [2] 崔屹. 图像处理与分析[M]. 北京:科学出版社,2000.43-55.
- [3] 王怀群. 二值图像的细化[J]. 无锡轻工大学学报,2001,20(4):315-318.
- [4] 樊琨. 电子地图中地理对象的识别研究[D]. 大连:大连理工大学自动化系,2003.9-10.
- [5] KENNETH R. CASTLEMAN. Digital image processing[M]. Prentice Hall, 1996.406-414.

[责任编辑 元国]