

# 一种基于多重判据的自动跟踪算法的实现

陈 勇 袁宇正

(武汉测绘科技大学电子信息工程与精密机械学院, 武汉市珞喻路 39 号, 430070)

**摘 要** 提出了一种基于多重判据的线状符号自动跟踪算法。该算法根据线状符号的三个特性, 由多级灰度影像为基础抽取信息, 以形成多重判据, 由此可有效地跟踪线状符号。该算法在实际系统中得以实现, 并在生产单位得以应用。

**关键词** 线跟踪算法; 数字化; 矢量化; 图像分析

**分类号** TP391.4

线状符号的自动跟踪算法是图像分析、信息压缩、栅格转矢量的基本技术。在许多应用领域需要把图纸上的线状符号矢量化, 以便于以后的编辑、分析、存储和输出, 传统的方法都是采用数字化板人工手扶跟踪。目前在绝大多数的生产单位仍然采用这种方法, 这种方法的缺点是自动化程度低, 人的劳动强度大, 图幅受限, 后处理工作量大, 许多研究单位投入大量人力、财力研究数字化图纸的自动方法。到目前为止, 有些研究成果已逐步被生产单位采纳使用, 如笔者参与的“全要素地形图软硬件环境的研究”课题所开发的软件已被一些生产单位(四川测绘局、陕西测绘局等)用于国家 1:25 万地形图的数字化生产。自动跟踪算法是该软件的一个重要部分, 它的方法优劣直接影响着整个系统的效率及线状符号的质量。我们在研究了国内外大量资料<sup>[1~18]</sup>的基础上, 并根据生产实践, 提出了一种新的跟踪算法并实现了它。从实际结果看, 跟踪效率高, 抗干扰能力强。

## 1 跟踪算法

从实现的机制上可把目前的各种跟踪算法分为两大类。

第一类是基于二值图像的跟踪算法。这类算法效率高, 实现起来也简单, 但缺陷是只能对二值图像进行处理, 对多级灰度图像首先要进行二值化处理, 在多数情况下还要进行细化, 整个过程的关键在二值化上, 迄今还没有研究出一个真正实用的二值化算法, 能有效地二值化不同的灰度图像。特别是一些线状符号密集的灰度图像(如 1:25 万地貌图, 1:5 万地貌图), 二值化后效果很不理想, 粘连甚多, 难以在二值图像上进行跟踪。关于二值化、细化以及二值图像跟踪方法在文献[9~18]中已做了大量论述。

第二类是直接基于多级灰度图像的跟踪算法。这种方法不需二值化、细化处理过程, 直接从灰度图像中获取信息来进行跟踪。这种方法的优势在于所有信息都没有损失, 关键在于如何利用这种信息, 如何组织数据以形成线状符号的判据。通过大量的实践, 我们抽取线状符号的三个最基本特性: 谷点特性; 线宽特性; 惯性特性, 以形成多重判据。所谓谷点就是那些以该点为中心, 在一定的邻域内具有相对灰度值的点, 以形成的方法, 描述如下:

设  $V$  是一灰度常量,  $V_j, \text{gray}(i)$  表示点  $i$  的灰度值(0~255),  $E$  是范围常量。

条件 1  $\forall j \in [i-E, i], \text{gray}(j) \geq \text{gray}(i) - V$ , 并且  $\text{gray}(i-E) > \text{gray}(i) + V$ , 满足条件 1, 则称  $i$  点是左谷点;

条件 2  $\forall j \in (i, i+E], \text{gray}(j) \geq \text{gray}(i) - V$ , 并且  $\text{gray}(i+E) > \text{gray}(i) + V$ , 满足条件 2, 则称  $i$  点是右谷点。同时满足条件 1, 2 的点称为谷点(见图 1 所示);

条件 3  $\forall j \in [i-E, i], \text{gray}(i) - V \leq \text{gray}(j) \leq \text{gray}(i) + V$ ;

条件 4  $\forall j \in (i, i+E], \text{gray}(i) - V \leq \text{gray}(j) \leq \text{gray}(i) + V$ , 满足条件 3, 4 的点  $i$  称为平坦点(见图 2)。对于平坦点, 还需要根据左右范围点的灰度值进一步判断其谷点特性。

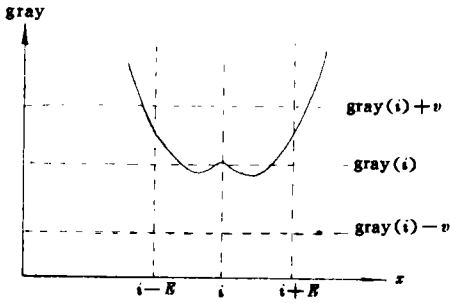


图 1

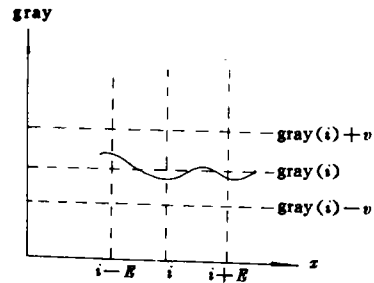


图 2

条件 5  $\forall j \in [i-E, i], \text{gray}(j) \leq \text{gray}(i) + V$ , 并且  $\text{gray}(i-E) < \text{gray}(i) - V$ , 满足条件 5, 则称  $i$  点为左峰点。

条件 6  $\forall j \in (i, i+E], \text{gray}(j) \leq \text{gray}(i) + V$ , 并且  $\text{gray}(i+E) < \text{gray}(i) - V$ , 满足条件 6, 则称  $i$  点为右峰点。同时满足条件 5, 6 的点, 则称为峰点(见图 3)。

范围常量  $E$  是由线宽所限定的, 不同的线状符号其线宽会有所不同, 即使相同的线状符号, 当以不同的 DPI 扫描时, 其线宽也会不同, 所以  $E$  是动态可变化的, 一般规律为:

$$E = \begin{cases} n, & n = 1, 2, \text{或 } 3; \\ n/2 + 1, & n > 3, \text{并且 } n \text{ 为偶数}; \\ (n + 1)/2 + 1, & n > 3, \text{并且 } n \text{ 为奇数} \end{cases}$$

其中,  $n$  为线宽(单位: 像素)。

对于线状符号的第三个特性——惯性特性, 我们可以用方向加权法来实现, 如图 4 所示。设最大分析路径长度为 10 像元, 在某一方向  $i(i=0 \sim 6)$  上作谷点分析。所得最大谷点链长度为  $\text{link}_i$ , 方向  $i$  上的加权系数设为  $p_i$ , 则使  $\text{link}_i * p_i (i=0 \sim 6)$  达到最大的方向  $j$ , 即为最佳前进方向。由于权系数  $p_i$  的选择是依据沿惯性方向大、非惯性方向小的原则进行选取的, 所以该方法能尽可能地沿惯性方向跟踪, 可有效地增强跟踪的抗干扰能力。

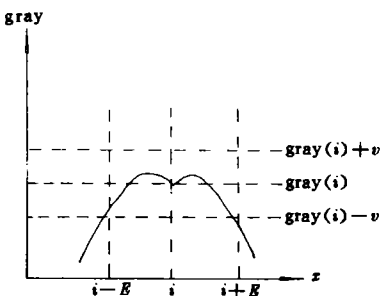


图 3

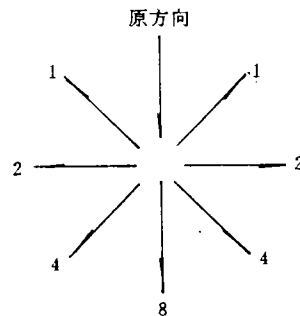


图 4

## 2 算法的实现

根据以上的算法的思想,我们用 Borland C++3.1 加以实现,作为“全要素地形图软件环境”系统的一个组成部分。从实践中看出,谷点分析是很有效的方法。谷点特性是线状符号最重要的特性,它实际上是动态特性,随着区域的变化而变化,这正是有别于二值化方法的地方。

## 3 结论

从生产单位的反映来看,该算法的跟踪效率很高,线的质量完全能满足生产单位的要求。图 5 是一块 1:25 万地形图的原始图跟踪后的结果图,详细的论述见四川测绘局关于 1:25 万地形图生产中试报告。



图 5

## 参 考 文 献

- 1 Alcorn T M, Hoggart C W. Processing of Data For character Recognition. *Marconi Rev*, 1969, 32, 61~81
- 2 Ammann C J, Sartori-Angus A G. Fast Thinning Algorithm for Binary Images. *Image Vision Comput*, 1985, 3(2), 71~79
- 3 Arcelli C, Cordella L, Leviardi S. Parallel Thinning of Binary Pictures. *Electron Lett*, 1975, 11(7), 148~149
- 4 Arcelli C, Sanniti G di Baja. On the Sequential Approach to Medial line Transformation. *IEEE Trans Syst. Man Cybern* Vol. SMC-8, 1978, 2, 139~144
- 5 Arcelli C. A Condition for Digit Points Removal. *Signal Processing*, 1979, 1(4), 283~285
- 6 Arcelli C, Sanniti G Di Baja. Medial Lines and Figure Analysis, Inproc. 5th Int. Conf. Pattern Recogn, 1980, 1016~1018
- 7 Arcelli C, Sanniti G Di Baja. A Thinning Algorithm Based on Prominence Detection. *Pattern Recogn*, 1981, 13(3), 225~235
- 8 Arcelli C, Cordella L P, Leviardi S. From Localmaxima to Connected Skeletons. *IEEE Trans Patt Anal Machine Intell* 1981, 3(2), 134~143
- 9 Arcelli C. Pattern Thinning by Contour Tracing. *Comput Graphics Image Process*, 1981, 17, 130~144
- 10 Arcelli C, Sanniti G Di Baja. Finding Multiplexels. In, *Image Analysis and Plenum*, 1986. 137~144
- 11 Arcelli C, Sanniti G Di Baja. On the Simplicity of Digital Curves and Contours. In, *Proc Sth Int Conf Patt Recogn. Paris. France*, 1986, 283~285
- 12 Arcelli C, Sanniti G Di Baja. A Contour Characterization for Multinly Connected Figures. *Patt Recogn Lett*, 1987, 6(4), 245~249
- 13 Arcelli C, Sanniti G di Baja. A One-pass Two-operation Process to Detect the Skeletal Pixels on the 4-distance Transform. *IEEE Trans Patt Anal Machine Intell*, 1989, 11(4), 411~414
- 14 Baruch O. Line Thinning by Line Following. *Patt Recogn Lett*, 1988, 8(4), 271~276
- 15 Belfert H, Shinghal R. Skeletonizing Binary Patterns on the Homogeneous Multiprocessor. *Patt. Artificial Intell*, 1989, 3(2), 207~216

- 16 Bel-Lan A, Monioto L. Athinning Transform Fordigital Images. *Signal Processing*, 1981, 3(1), 37~47
- 17 Beun M. A Flexible Method for Antonatice Redingof Handwritten Numerals. *Philips Tech Rev*, 1973, 33(5), 89~101
- 18 Booksetein F L. The line-skeleton. *Comput Graphics Image Processing*, 1979, 11, 123~137

## The Implementation of an Automatic Following Algorithm Based on Multiple Criteria

*Chen Yong      Yuan Yuzheng*

(School of Electronic Information Engineering & Precision Mechanics, WTUSM, 39 Luoyu Road, Wuhan, China, 430070)

**Abstract** In this paper, an automatic line following algorithm is proposed. According to three properties of linear symbols in grey image, the algorithm based on multiple criteria is valid for line following. The algorithm has been verified in praclice.

**Key words** line following algorithm; digitization; vector; image analysis