

文章编号: 1005—8893 (2003) 02—0057—04

管网图纸矢量化中的线条检测^{*}

李 格

(江苏工业学院 计算机科学与工程系, 江苏 常州 213016)

摘要: 对工程图纸矢量化中线条的检测, 采用最佳拟合的方法, 得到了线条对应的标准直线方程。另外引入旋转投影的思想, 通过绝对值方差的方法, 得到了线条宽度的正确度量, 从而分离出了管道线路。

关键词: 工程图纸矢量化; 链码; 线条定位; 线段宽度

中图分类号: R 318

文献标识码: A

虽然矢量化技术已经研究了十几年, 但是从目前国内同类系统的处理结果看, 矢量化的结果与实用性的要求还是有一定距离的, 且通用性不强。由于日常应用的图纸内容多种多样, 有地形地貌图、机械工程设计图、电子线路图等等, 而且图纸的清晰、完好程度不同; 对于煤气管网的图档管理, 由于煤气管网图纸的特殊性, 商品化软件不十分有效, 另一方面煤气管网图纸的图形基本上是一些直线段, 房屋、马路、管道的线段走向大多相近或接近垂直, 很适合矢量化及矢量化以后的数学处理。

本文在利用链码的方法完成了对线条跟踪^[1]后, 根据线条扫描的轮廓链码, 计算轮廓各点所对应的坐标值, 采用最佳拟合的方法, 得到了线条对应的标准直线方程。另外, 线条的宽度是很重要的信息, 管网图纸中宽道线的宽度大于一般线条, 由于扫描图象往往有锯齿现象, 为线宽的计算带来了困难, 本文引入旋转投影的思想, 通过绝对值方差的方法, 得到了线条宽度的正确度量, 从而分离出了管道线路。

1 Freeman 链码与直线链码

早在 60 年代 Freeman 在图象处理研究中引入了链码的概念^[2], 链码方向的定义将 3 * 3 邻域中心点指向 8 个邻点的方向分别编码为 0 至 7, 在图

象处理中链码一般用来描绘区域的边界, 或用于图象编码^[3], 在轮廓跟踪中也可用链码控制跟踪的方向。

2 轮廓跟踪与轮廓链码

轮廓跟踪采用 Freeman 8 个方向搜索的方法^[3], 跟踪过程是首先用水平扫描检测到初始点, 从方向 $i=0$ 搜索起, 按逆时针方向顺序, 直到在某个方向 $i=I$ 再碰到轮廓点; 下依次开始在新的位置搜索, 方向由进入当前轮廓点的链码值确定, 进入链码为偶数时, 则 $i=I+7 \pmod{8}$, 为奇数时, 则 $i=I+6 \pmod{8}$ 。直到又碰到轮廓点, 循环继续。如果当前轮廓点与初始点重合, 则跟踪结束, 得到轮廓链码。

3 直线线段的识别

首先识别由坐标 (X_i, Y_i) 表示的线条轮廓点是否构成直线形状, 把 (X_i, Y_i) 视为数据样本, 对于 2 维随机变量 (X, Y) 除了 X 与 Y 的样本平均值和样本方差外, 还有描述 X 与 Y 之间相互关系的数字特征^[4], 即样本的协方差及相关系数。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum X_i, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum Y_i \quad (1)$$

$$S_{XX} = \frac{1}{n} \sum (X_i - \bar{X})^2, \quad S_{YY} = \frac{1}{n} \sum (Y_i - \bar{Y})^2$$

* 收稿日期: 2003—03—07

作者简介: 李格 (1962—), 男, 江苏张家港人, 讲师。

$$\overline{Y})^2 \quad (2)$$

则 X 与 Y 的协方差:

$$S_{XY} = \frac{1}{n} \sum (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y}) \quad (3)$$

X 与 Y 的相关系数:

$$\rho_{XY} = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX}} \cdot \sqrt{S_{YY}}} \quad (4)$$

样本的协方差矩阵:

$$A = \frac{1}{n} \begin{bmatrix} S_{XX} & S_{XY} \\ S_{XY} & S_{YY} \end{bmatrix} \quad (5)$$

为对称正定矩阵。

协方差矩阵只是样本到均值点的一种距离度量, 它表征了样本点之间的离散程度。根据正态密度分布规律, 同类模式中的样本点落在一个密集的区域里这个区域的中心坐标是 $(\overline{X}, \overline{Y})$, 而区域的形状则由协方差矩阵所决定。

如果 $\det(A) = 0$, 则:

$$S_{XX} \cdot S_{YY} = S_{XY} \cdot S_{XY} \quad (6)$$

$$\sum (X_i - \overline{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \overline{Y})^2 = [\sum (X_i - \overline{X})(Y_i - \overline{Y})]^2 \quad (7)$$

$$D(X) \cdot D(Y) = \text{Cov}^2(X, Y) \quad (8)$$

$$\rho_{XY} = 1 \quad (9)$$

$$P(y = a + bx) = 1 \quad (10)$$

即 X 与 Y 的相关系数等于 1, (X_i, Y_i) 为直线的概率等于 1。

相关系数接近 1 时, 表明 X, Y 的线性关系较紧密; 相关系数接近 0 时表明 X, Y 的线性关系较差。实际图中 $\det(A)$ 为百分位数量级。

4 直线的拟合

Y 与 X 在图象上独立的, 我们说 $y = a + bx$ 的概率为 1, 仅仅是站在点坐标 X 与 Y 的数值关系角度。

由于用 $Q(a, b) = \sum (Y_i - a - bX_i)^2$ 线性回归, 人为地加上 y 对 x 的依赖关系, 忽略了扫描图象像素点 x, y 坐标值独立性。并且当直线斜率不同时, 偏差的平方和 $Q(a, b) = \sum (Y_i - a - bX_i)^2$ 与实际距离误差较大, 见图 1 所示。

所以采用一般式方程:

$$Ax + By + C = 0 \quad (11)$$

点到直线的距离公式为:

$$d = \frac{|X_i A + Y_i B + C|}{\sqrt{A^2 + B^2}} \quad (12)$$

为方便计算, 设:

$$A = \cos \theta, B = \sin \theta \quad (13)$$

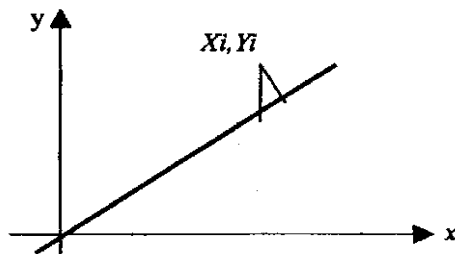


图 1 (X_i, Y_i) 点的偏移

标准化方程:

$$X \cos \theta + Y \sin \theta - p = 0 \quad (14)$$

对:

$$Q(\theta, p) = \sum_0^n (X_i \cos \theta + Y_i \sin \theta - p)^2 \quad (15)$$

求极值, 解方程组:

$$\begin{aligned} \sum X_i \cos \theta + \sum Y_i \sin \theta - np &= 0 \\ \sum (X_i \cos \theta + Y_i \sin \theta) (-X_i \cos \theta + Y_i \sin \theta) &= 0 \end{aligned} \quad (16)$$

得:

$$\text{tg} 2\theta = \frac{2S_{XY}}{S_{XX} - S_{YY}} \quad (17)$$

设

$$\text{tg} 2\theta = m \quad (18)$$

如果 $S_{XX} = S_{YY}$,

$$\theta = \pm 45^\circ \quad (19)$$

如果 $S_{XX} > S_{YY}$,

$$\text{tg} \theta = \frac{-1 - \sqrt{1 + m^2}}{m} \quad (20)$$

$$m \rightarrow 0 \text{ 时, } \text{tg} \theta \rightarrow \infty, \theta \rightarrow 0 \quad (21)$$

如果, $S_{XX} < S_{YY}$,

$$\text{tg} \theta = \frac{-1 + \sqrt{1 + m^2}}{m} \quad (22)$$

$$m \rightarrow 0 \text{ 时, } \text{tg} \theta \rightarrow 0, \theta \rightarrow 0 \quad (23)$$

$$p = \overline{X} \cos \theta + \overline{Y} \sin \theta \quad (24)$$

由此方法得到的直线在图象的最中线位置, 且与跟踪起点无关, 精确的定位为上层矢量化提供了良好的基础。图 2 和图 3 是与原跟踪直线的示意比较图 (原跟踪直线为外接矩形的对角线), 对于粗线条效果尤其明显。

5 线宽的计算

确定为直线段后, 计算线宽 w 。由轮廓链码可以通过程序库程序计算出周长 f , 和面积 s , 但

是 $2s/f$ 近似计算线条的线宽效果不明显。原因在于 f 是象素点间的距离, s 是象素点数目, 如果边界锯齿状严重, 就使 f 增大。

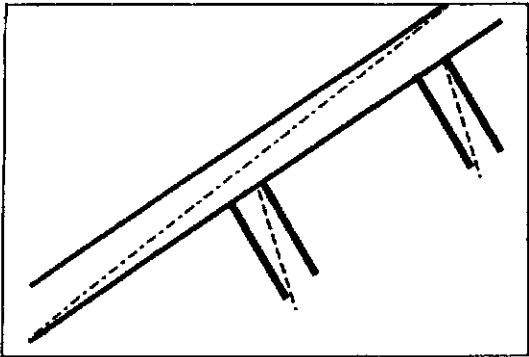


图 2 直线定位改进前

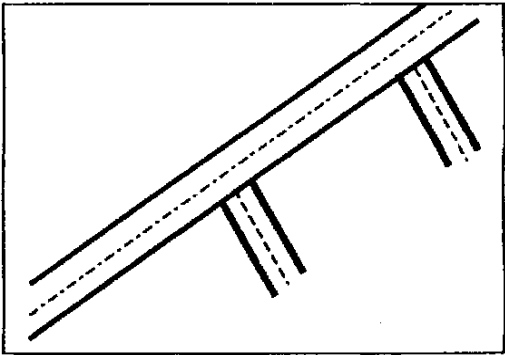


图 3 直线定位改进后

例如, 对于图 4 边界有锯齿的线条, 有

$$s=4n$$

$$f=2\sqrt{2}n+8$$

$$2s/f \approx 8n/2\sqrt{2}n=2\sqrt{2}$$

对于图 5 边界无锯齿的线条, 有

$$s=4n$$

$$f=2n+8$$

$$2s/f \approx 4$$

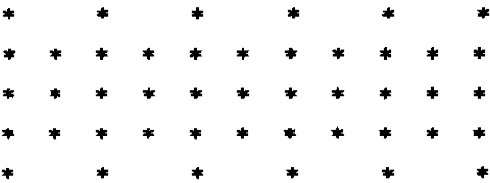


图 4 边界有锯齿的线条

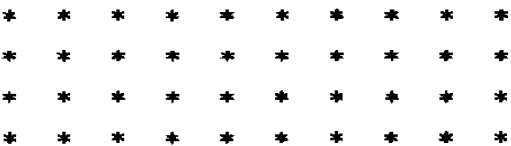


图 5 边界无锯齿的线条

图 4 中象素点 Y 值的方差大, 图 5 中象素点

Y 的方差小, 但视图应该认为两线段的平均宽度是相同的, 所以用式 $2 \frac{1}{n} \sum |y_i - \bar{y}|$ 计算线宽 w 比较合适。

为了计算方便, 先转动直线 $\text{tg} b = \alpha$, 得到新坐标 (X'_i, Y'_i) , 再计算 $W = \frac{2}{n} \sum |Y'_i - \bar{Y}'|$ 。如果 $S_{XX} = 0$, 则计算 $W = \frac{2}{n} \sum |X'_i - \bar{X}'|$, 即可得到线段的宽度。

\bar{X} , \bar{Y} 是图象线条的中心, 也是所求直线的中点, 线条长度 $d = s/w$, 从而可以求出起点 (x_1, y_1) 、终点 (x_2, y_2) 。

6 线条检测结果

管网图纸中, 一般情况管线的线段宽度大于等于 4。对于跟踪出的某些孤立短线, 线宽也往往大于 4, 可以用其他特征予以区分。图 6, 图 7 和图 8 分别是管网图局部原始图、检测出的线条图、管线图。

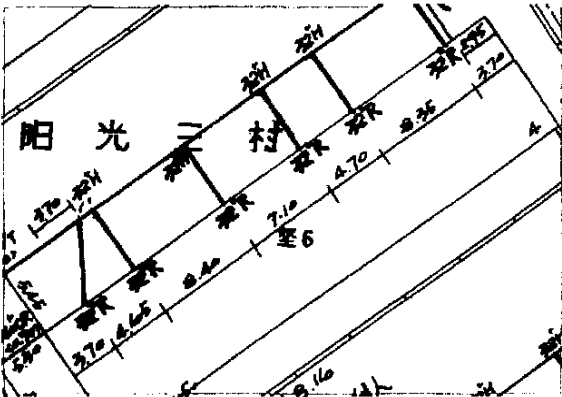


图 6 管网图局部原始图

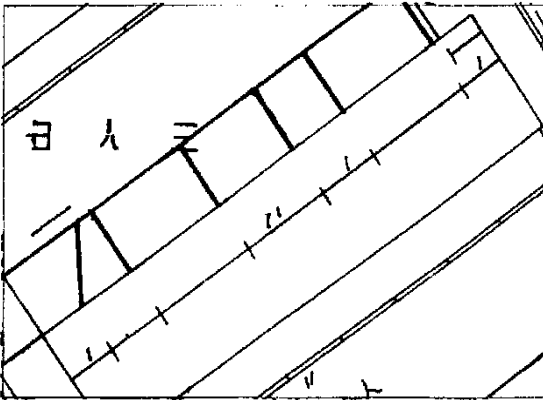


图 7 检测出的线条图

矢量化通常采用的先进行细化处理, 得到点阵图象的中心骨架再进行拟合矢量化。细化方法通过层层剥皮的操作直至剩下单条单联通线, 它是获得

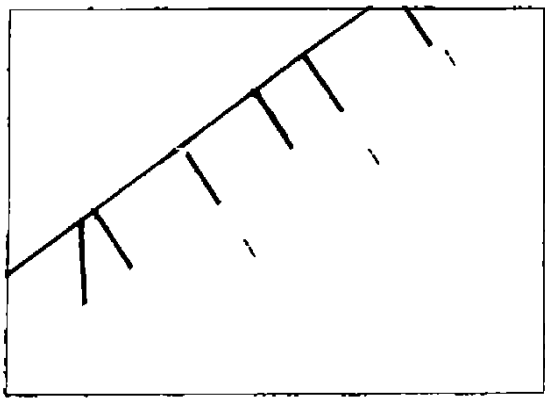


图 8 检测出的管线图

线划图拓扑结构的一种传统方法。细化方法直观形象，易于接受。但细化后在交叉点及转折处容易产生畸变，丢失线宽的信息。

采用本文所述检测方法得到的结果显示，此种

方法在管网图纸矢量化中管线的定位是比较准确的，并且把管道线从中区分出来。同时此方法也可用在其他牵涉线条的场合，如在表格处理中检出表格线和确定表格的结构，以及在手写体识别中理出笔划、笔顺。

参考文献:

- [1] 陆宗骐, 张秋萍. 工程图纸矢量化中的线条轮廓跟踪法 [J]. 中国图象图形学报, 1997, 2 (12): 878—882.
- [2] 陆宗骐. 图象处理领域轮廓跟踪及应用 [J]. 中国计算机用户, 1994, (10): 49—52.
- [3] 冈萨雷斯. 数字图象处理 [M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [4] 盛骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1989.

Line Orientation in Engineering Drawing Vectorization

LI Ge

(Department of Computer Science and Technology, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213016, China)

Abstract: In the detection of lines in engineering drawing vectorization, the method of best coinciding was adopted to attain the according standard line equation. Meanwhile this paper introduced the definition of rotary projection, exactly calculated the width of line, and extracted the pipeline from other lines.

Key words: engineering drawing vectorization; code; line orientation; line width