

一种工程图中圆的整体识别方法

张显全

(广西师范大学计算机科学系 桂林541004)

A Method of Global Recognizing Circles about Engineering Drawing

ZHANG Xian-Quan

(Department of Computer Science, Guangxi Normal University, Guilin 541004)

Abstract In study on recognition of engineering drawings, the recognition for circle is a key technology. A new method of global recognition circle about engineering drawing is presented. Image of engineering drawing is processed. It depends on the circular arc of the image, the circle or circular arc is global recognized by tracing the circle direction and region. Experimental results show that the method is feasibility and availability.

Keywords Global recognition, Engineering drawing, Circle, Directed tracing

1 引言

工程图的识别仍是未解决的技术之一。利用现有的设备,可以把设计好的工程扫描输入计算机,对图像进行处理后,如何对工程图像进行存档和重新绘制是一个非常重要的课题。由于图像的信息量大,需占用大量的存储空间。因此,将图像转换为其它形式的信息加以存储,例如把图形的信息转换为矢量信息进行存储,即对工程图的图像进行识别具有重要的意义。

在工程图扫描图像识别中,一类是对直线进行处理^[1,2],而圆是工程图中最基本的图形元素,因此对圆或圆弧的识别是对工程图进行识别的关键技术之一。对圆的识别有用线段来逼近圆弧或圆^[3,4]和轮廓匹配法^[5]等。由于工程图中直线与圆和圆与圆相交,从而形成较多的分支,用线段来逼近圆弧和圆,圆进行识别过程中容易在分支处把一个完整的圆分为几段,从而产生误差。尤其是在矢量化图形时,必然会造成一条完整的圆分段矢量化,需进行合并,整个过程将需更多的遍历时间和存储空间,影响图像恢复,而轮廓匹配法中轮廓的获取及其匹配都很复杂。为了充分利用图像的信息,减少识别误差,本文提出一种在工程图中圆的整体识别方法,通过对工程图的图像进行处理,找出图形中的部分圆弧,由圆弧确定搜索方向和范围,从而实现对圆或圆弧的整体识别,避免分段矢量化,减少了遍历时间。试验结果表明,本方法具有良好的识别性能。

2 算法的基本步骤

工程图扫描输入计算机,获取其图像;先对图像进行去噪声等预处理,然后进行二值化处理,最后进行细化处理,使工程图成为只有一个像素宽的骨架图像。定义:

单一图段:图像中无分支、无交点的部分。

基圆弧:单一图段中的圆弧。

识别的基本思想是:搜索图像,找出其中的单一图段;从单一图段中找出基圆弧,确定该基圆弧所在的圆;然后按一定的方向和范围进行搜索,把该基圆弧所在的圆或圆弧整体识别出来。具体如下:

(1)对图形中未识别的部分进行搜索,产生单一图段;

(2)判断单一图段中是否包含基圆弧,若有基圆弧则转入(3),否则转入(1);

(3)对基圆弧所在的圆或圆弧进行整体识别,并对已识别的部分进行标记;

(4)重复进行,直到图形中所有的点都已标记。

3 算法的实现

3.1 单一图段的产生

对工程图而言,大多数结构复杂,不是由单一图段组成。但可通过从某点开始搜索图像,找出图形中不相交、无分支的图形段,并对每个图形段进行编号,记录段起点和终点,遂得到单一图段。具体步骤是:

(1)从识别的单一图段的端点开始,若还没有识别的单一图段,则从最左上角的像素开始,首先找到像素为1的点作为起始点,称这个点为基点(如图1),搜索下一个像素为1、未跟踪过的像素。

(2)如果只有一个后继点,则沿该点继续搜索下去,直到无后继点或到一个分支点。这是一个单一图段,对起点和终点进行同段标记。

(3)如果有多个后继点,按图1中方向数小的方向进行搜索,直到无后继点或到一个分支点。同样,对起点和终点进行同段标记,作为一个单一图段。

(4)如果在搜索过程中对某一个基点用上述方法搜索又回到最初的起点,则存在一个封闭的图形,这也是一个单一图段,对封闭的单一图段进行特殊标记。

3	2	1
4	基点	0
5	6	7

图1 搜索方向数

3.2 圆弧段的确定

对于一段圆弧(如图2),圆心为 O ,半径为 r , M_1 为圆弧的中点, M_1 在 AB 的垂直平分线上。

设 $\overline{AB}=d_1$, $\overline{AM_1}=d_2$, $\angle AOB=\alpha$,则

$$\angle AOM_1 = \frac{\alpha}{2};$$

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 2r \sin \frac{\alpha}{2} = 4r \sin \frac{\alpha}{4} \cos \frac{\alpha}{4} = 2d_2 \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\alpha}{4}} \\
 &= 2d_2 \sqrt{1 - \frac{d_2^2}{4r^2}} \\
 r^2 &= \frac{d_2^2}{4d_2^2 - d_1^2}
 \end{aligned}$$

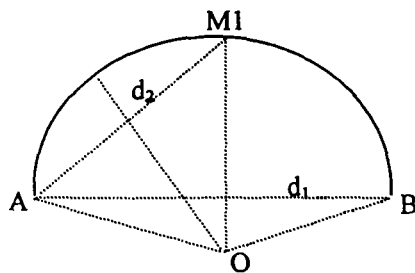


图2 圆弧的中点与弦

由上表达式可得到弦长与半径的关系。

对每个单一图段，首先必须确定该单一图段是否含有圆弧段。若有，必须找出该单一图段包含的所有圆弧段(可能不止一条)。

(1) 设单一图段 n_i 的两个端点分别为 A, B ，称 A 为起点、 B 为终点；如果 n_i 是一个封闭的单一图段，则取横坐标或纵坐标之差最大的两点为两个端点。设直线 AB 的中垂线方程为 l ，称在单一图段 n_i 上满足方程为 l 的点为这单一图段的段中点。

(2) 设端点 A 和 B 的段中点为 M_1 ， A 和 M_1 的段中点坐标为 M_2 ， M_1 和 B 的段中点坐标为 M_3 ，找出单一图段中的 N 个段中点，第 N 个段中点为 M_N 。为了保证所有的段中点有序，设计以两个端点为首尾的链表，由某个起点和终点而得到的段中点插入到起点之后。这样，可得到段中点的有序链表。

(3) 对由(2)得到的段中点序列，用弦长与半径的关系计算出半径序列 $\{r_1, r_2, \dots, r_Q\}$ 。取对应的段中点，求出它们的中垂线方程的交点 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_P, y_P)$ 。若在序列中有 Q 个连续的半径序列和 P 个交点满足：

$$\begin{cases} |r_{ij} - \bar{r}| < \epsilon_1 \\ |x_k - x_0| < \epsilon_2 \\ |y_k - y_0| < \epsilon_2 \end{cases} \quad (j=1, 2, 3, \dots, Q, k=1, 2, 3, \dots, P)$$

$$\text{其中 } \bar{r} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^Q r_{ij}, \begin{cases} x_0 = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P x_k \\ y_0 = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P y_k \end{cases}, \epsilon_1, \epsilon_2 \text{ 为常数。}$$

若 M 大于阈值，则由单一图段中的这些点所在的图段是一基圆弧。

(4) 若没有基圆弧，寻找下一条未标记的单一图段，进行步骤(1)。

通过上面方法可判断某个单一图段是否含有基圆弧。如果没有基圆弧，重新搜索下一条单一图段，直到找到某一单一图段含有基圆弧并获取该图段中所有的基圆弧。从这些基圆弧开始进行识别，从而达到对圆或圆弧的整体识别。

3.3 确定圆或圆弧所在的区域

设基圆弧的圆心为 $O(x_0, y_0)$ ，半径为 r ，则圆或圆弧必在 $(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 < \delta$ 的圆邻域内，其中 δ 为一给定阈值。因此，只要基圆弧确定，就可确定圆或圆弧所在的区域，从而减小搜索范围。

3.4 确定优先搜索方向

对某一确定的基圆弧，它所在圆或圆弧的区域就已确定。从基圆弧的两个端点开始搜索邻近的像素。由于由基圆弧所在的圆或圆弧已确定，则后继像素的搜索方向已基本确定，因此如何选择在8个方向上的优先级，将影响识别速度。

设基圆弧所在的圆心为 $O(x_0, y_0)$ ， K 点的坐标为 $(x_0 + \frac{\sqrt{2}}{2}r, y_0 + \frac{\sqrt{2}}{2}r)$ ，圆的方程为： $(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 = r^2$ ，

则搜索区域分为4个部分(如图3)，分别是：

区域1: $x > x_0, y > y_0$ 区域2: $x < x_0, y > y_0$

区域3: $x < x_0, y < y_0$ 区域4: $x > x_0, y < y_0$

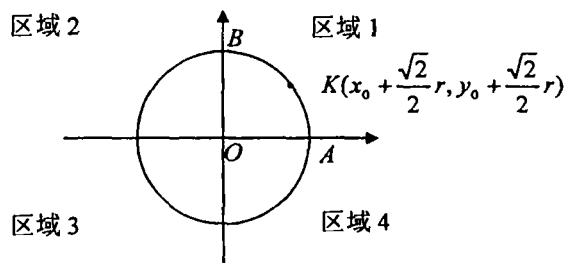


图3 搜索区域

对于区域1，若当前像素为 $P(x_p, y_p)$ (如图4)，则下一像素概率最大在 H, D, V 三点。

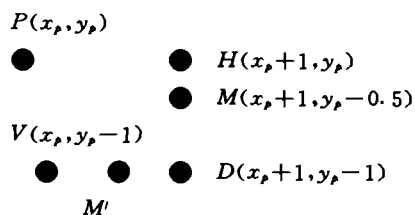


图4 邻近像素图

在弧 AB 上，由于 $y' < 0$ ，即 y 随 x 增大而减小。由切线的变化知，在弧 AK 段， x 增加1，而 $|\Delta y| < 1$ ，因而优先搜索 H 或 D 两个像素点。设 H, D 的中点 M 的坐标为 $(x_p+1, y_p-0.5)$ ，图5中的搜索方向集合 $D = \{d_i: i=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ ， $F(x, y) = (x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 - r^2$ ，若 $F(M) \geq 0$ ，则在搜索区域内的先后搜索方向序列顺序是：

$$\{d_7, d_0, d_6, d_1, d_2, d_3, d_5, d_4\};$$

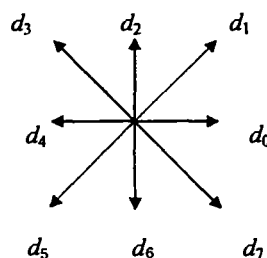


图5 搜索方向

若 $F(M) < 0$ ，则在搜索区域内的先后搜索方向序列顺序是：

$$\{d_0, d_7, d_6, d_1, d_2, d_3, d_5, d_4\}.$$

同理，在弧 KB 段， x 增加1而 $|\Delta y| < 1$ ，因而优先搜索 H 或 V 两个像素点。设 H, V 的中点 M' 的坐标为 $(x_p+0.5, y_p-1)$ ，若 $F(M') \geq 0$ ，则在搜索区域内的先后搜索方向序列顺序

(下转第184页)

进一步严重时,将出现元音的脱落、辅音的脱落甚至音节的脱落。②辅音的同化问题。这主要表现在辅音的顺同化(前一个辅音制约后一个辅音的发音)和逆同化(后一个辅音影响前一个辅音的发音)等,这些现象有普遍性。所以,若识别基元以音素为单位,由于前述原因,不但其数量较大,而且其描述和定量都难于实现。若以音节为单位,则要解决两个问题,一是发音的规范化问题或者元音、辅音弱化的识别处理问题;二是由于维吾尔音节是由一个元音与几个辅音或者一个元音单独组成,辅音之间可以连续拼读。一个词由多个音节按音节结构(常用的9种结构)组成,其发音是连续的。所以以音节为识别基元,音节与音节的划分的准确性与正识率成正比。

从维吾尔语音学规律来看,以音节为识别基元并结合音节类型(开音节和闭音节)以及音节结构类型(9种)信息进行规范处理,识别正识率会有所提高。相关问题另文阐述。

结束语 在CDCPM下对元音和辅音的识别中可以看出维吾尔的元音识别率很高,而辅音的识别率较低。二音素音节、三音素音节、四音素音节识别正识率随音素的增加而降低。而最佳识别基元的确定是语音识别必须解决的问题。本文对维

语音节的识别,可以看出识别效果与发音规律有密切关系,以音节作为识别基元是可行的。结合维吾尔语音的有限组合规律^[7],是一条可行的研究思路。

参考文献

- 1 Rabiner L R, Schafer R W. Digital Processing of Speech Signals. USA: Prentice Hall, Inc., 1978
- 2 杨行峻,迟惠生. 语音信号数字处理. 北京: 电子工业出版社, 1995
- 3 郑方, 吴文虎, 方棣棠. CDCPM 及其在语音识别中的应用. 软件学报, 1996, 7: 69
- 4 Forney G D. The Viterbi Algorithm. Proc. IEEE, 1973, 61: 268~278
- 5 Gold D, Rader C M. Digital Processing of Signals. New York: McGraw-Hill, 1969. 246
- 6 王昆仑, 樊志锦, 吐尔洪江, 等. 维吾尔语综合语音数据库系统. 见: 哈尔滨工业大学第五届全国人机语音通讯学术会议论文集. NCMMSC-96, 1996. 366
- 7 方晓华. 现代维吾尔教程(上册, 语音篇). 乌鲁木齐, 新疆师范大学, 1987

(上接第181页)

是:

$$\{d_6, d_7, d_8, d_1, d_2, d_3, d_5, d_4\};$$

若 $F(M') < 0$, 则在搜索区域内的先后搜索方向序列顺序是:

$$\{d_7, d_8, d_6, d_1, d_2, d_3, d_5, d_4\}.$$

同理, 可讨论其他段的优先搜索方向序列。对任一基圆弧, 通过以上的方法确定优先搜索后继像素的方向序列列表, 对在圆弧上概率大的方向优先搜索, 减少搜索次数, 提高算法的效率。

3.5 整体圆或圆弧的产生

对每一基圆弧, 在它的搜索区域内按其所确定方向序列列表中的顺序进行搜索。若某基圆弧在识别其所确定的圆或圆弧时搜索到已经搜索过的点, 仍继续搜索下去(因为这一点可能是交点), 对连续已经搜索过的点进行统计, 直到这些点数和大于给定的阈值为止, 或到图形的边界或出现像素值为0的像素为止。经上述处理后, 就可得到图像中的完整圆或圆弧。对已识别的部分进行标记, 以后不再重复进行处理。由于单一图段可能产生多个基圆弧, 对产生的所有基圆弧中没有识别的进行处理, 识别出所有可能的圆或圆弧, 再处理下一个单一图段, 这就大大减少了一次的处理量。由于对已识别的部分只是进行标记, 没有进行删除, 保留图像原有的信息。因此, 对图像中的交点不需用阈值等方法进行判断, 可直接对圆或圆弧进行整体识别。

对没有标记的像素进行上述处理, 直到图像中的所有的像素均被处理, 识别出所有的整体圆或圆弧。

结束语 通过获取工程图中的基圆弧, 确定由该圆弧所在的圆的跟踪方向和范围, 一次对一条圆或圆弧进行整体识别, 避免了分段后再合并所需进行的重复跟踪、共圆判断和连接, 简化了矢量化过程, 可使圆或圆弧识别的速度和精度有较大的提高。通过对扫描图(图6)中的工程图用本文提出的方法进行识别, 其识别过程简洁、快速、准确, 得到了比较满意的效果(图7)。通过进一步的研究, 提高识别范围, 就可以达到对各种工程图进行识别。

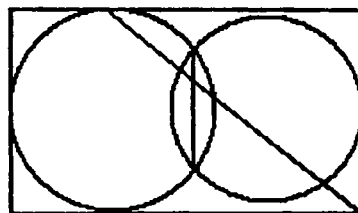


图6 工程图

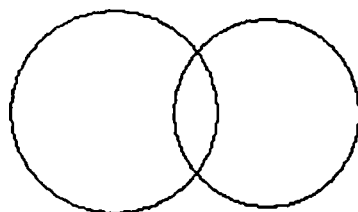


图7 识别图

参考文献

- 1 谭建荣, 彭群生. 基于图形约束的工程图像直线整体识别方法. 计算机学报, 1994, 17(8): 561~569
- 2 Jasson D T, Vosseel A M. Adaptive vectorization of line drawing images. Computer Vision and Image Understanding, 1997, 65(1): 38~56
- 3 Nagasamy V, Langrana N A. Engineering drawing processing and vectorization system. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990, 65: 379~397
- 4 宋晓宇, 王永会. 工程图自动矢量化算法的设计与实现. 中国图像图形学报, 2000, 5(1): 66~69
- 5 Dori D. Vector-based arc segmentation in the machine drawing understanding system environment. IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence, 1995, 17(11): 1057~1068