

基于直线和圆的工程图的自动识别方法*

An Automatic Recognizing Method for Lines and Circles of Engineering Drawings

张显全¹, 王晓云², 唐振军¹

Zhang Xianquan¹, Wang Xiaoyun², Tang Zhenjun¹

(1. 广西师范大学计算机科学系, 广西桂林 541004;

2. 涪陵师范学院计算机科学系, 重庆涪陵 408003)

1. Dept. of Comp. Sci., Guangxi Normal Univ., Guilin, Guangxi, 541004, China;

2. Dept. of Comp. Sci., Fuling Normal Coll., Fuling, Chongqing, 408003, China)

摘要:提出基于直线和圆的工程图识别方法,该方法首先对工程图的图像进行预处理,找出图形中的种子段,然后由种子段确定搜索的方向和范围,实现对直线和圆的整体识别,从而识别工程图。实验结果表明,基于直线和圆的工程图的自动识别方法具有良好的识别性能。

关键词:工程图 整体识别 种子段 直线 圆

中图法分类号:TP391.41

Abstract:In the approach, the see segments of an engineering drawing are firstly obtained in the process of image of the engineering drawing which consists of lines and circles. Then the recognition areas are worked out in terms of the see segments. The whole lines and circles can be recognized by tracing the recognition areas. The experimental result shows that the method is feasible and available.

Key words:engineering drawing, global recognition, seed segments, line, circle

工程图的识别仍是图像识别尚未解决的技术之一,由于图像存储时需占用大量的存储空间,因而将图像进行识别转换为其它形式的信息来存储具有重要的意义。直线和圆是工程图中最基本的图形元素,对直线和圆的识别是工程图识别的关键。在已有的直线识别中,文献[1]分析建筑工程图中符号的表示特点,研究建筑工程图符号识别方法;文献[2]通过确定直线上的一点,实现对直线的识别;文献[3]用直线拟合方法矢量化工程图及转换成CAD系统的文件格式。在圆的识别中,文献[3,4]用短线段逼近圆弧和圆,文献[5]用中垂线跟踪分割圆弧,如果线段过短,会造成数据冗余;如果过长,将难以识别小圆弧。轮廓匹配法^[6]可直接获圆弧和圆,但轮廓的获取及匹配都很复杂。由于工程图中大多直线和圆不孤立,直线与圆和直线与直线相交,从而形成较多的分支,对直线和圆进行识别过程中容易在分支处把一条完整的直线和圆分为几段;尤其是在矢量化图形时,必然会造成一条完整的直线和圆分段矢量化,

需进行合并,整个过程将需更多的遍历时间和存储空间,影响对图像恢复。

为了充分利用图像的信息,减少识别误差,本文提出一种工程图识别的新方法,该方法通过对工程图的图像进行预处理,找出图形中的种子线段和种子圆弧,用这些种子段确定搜索方向和范围,实现对直线和圆的整体识别,从而达到对工程图的识别,避免分段矢量化,减少了遍历时间。试验结果表明,该方法具有良好的识别性能。

1 确定种子段

1.1 工程图的预处理

工程图通过扫描获得图像文件,经去噪等预处理后,进行二值化处理,通过设定阈值把灰度图像转换成仅用2个值表示目标和背景的图像。转换规则如下式:

$$g(i, j) = \begin{cases} 1, & f(i, j) \geq t, \\ 0, & f(i, j) < t. \end{cases}$$

其中, $f(i, j)$ 是原像素的值; $g(i, j)$ 是二值化后像素的值; t 为阈值。

最后经细化处理使工程图成为只有1个像素宽的骨架图像。

2004-07-01 收稿。

* 广西自然科学基金(0447035)资助项目。

1.2 图段的获取

大多数工程图结构复杂,因而可通过从某点开始搜索图像,找出图像中部分图段,从图段中找出所含的直线或圆弧.若图段太长会使计算量增大,反之则影响识别的精度.为了提高运算速度和识别的准确性,图段长度应在一定范围内,设图段长度为 L ,最大和最小长度分别是 L_{max} 和 L_{min} ,因此只需在图像中搜索出长度 $L(L_{min} \leq L \leq L_{max})$ 图段,并对每个图形段进行编号,记录图段的起点和终点.

步骤 1: 首先找到像素为 1 未识别和跟踪过点作为起始点,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,并对跟踪过的像素进行标记.

步骤 2: 如果只有 1 个后继点,则沿该点继续搜索,直至无后继点或到 1 个分支点,若这段图段长度 L 满足: $L_{min} \leq L \leq L_{max}$,则对跟踪过的像素起点和终点进行同段标记;若这段图段长度 $L \leq L_{min}$,则进行步骤 1.

步骤 3: 如果有多个后继点,按图 1 中方向数小的方向进行搜索,直至无后继点或到 1 个分支点.同样对该图段的长度进行判断,若满足条件,则对跟踪过的像素、起点和终点进行同段标记,否则进行步骤 1.

步骤 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,若这段图段长度 L 满足: $L_{min} \leq L \leq L_{max}$,则对跟踪过的像素进行标记,封闭的图段进行特殊标记,否则进行步骤 1.

3	2	1
4	基点	0
5	6	7

图 1 搜索方向数

1.3 种子段的确定

首先必须确定出该图段是否含有种子线段或种子圆弧,若有,则找出该图段包含所有的种子段(可能不止一条).如图 2 所示,设圆心为 O 半径为 r , M_1 为圆弧 AB 的中点, M_2 为圆弧 AM_1 的中点,设 $\overline{AB} = d_1$, $\overline{AM_1} = d_2$, $\angle AOB = \alpha$; 则 $\angle AOM_1 = \frac{\alpha}{2}$, $\angle AOM_2 = \frac{\alpha}{4}$; $d_1 = 2r \sin \frac{\alpha}{2} = 4r \sin \frac{\alpha}{4} \cos \frac{\alpha}{4} =$

$$2d_2 \sqrt{1 - \sin^2 \frac{\alpha}{4}} = 2d_2 \sqrt{1 - \frac{d_2^2}{4r^2}},$$

从上式可得弦长与半径的关系为: $r^2 = \frac{d_2^4}{4d_2^2 - d_1^2}$.

如图 3 所示,对于一直线段 AB , M 为线段 AB 的中点,设 $d_1 = AB = d$,则有 $d_2 = AM = BM = d/2$;因而 $4d_2^2 - d_1^2 = 0$.

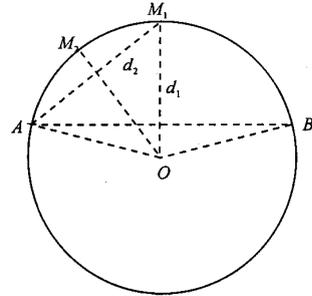


图 2 圆弧的中点与弦

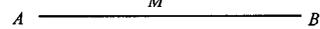


图 3 线段的中点

确定种子段的方法:

(1) 设某一图段的 2 个端点分别为 A 、 B ,称 A 为起点, B 为终点;如果是 1 个封闭的图段,则取横坐标或纵坐标之差最大的两点为 2 个端点.设直线 AB 的中垂线方程为 l ,则图段上满足方程为 l 的点称为图段的段中点.

(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 2 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,从端点开始依次连续取 3 点,计算 $4d_2^2 - d_1^2$ 的值,如果 $|4d_2^2 - d_1^2| < DT$ (DT 为阈值),则记为 0,否则计算 $r^2 = \frac{d_2^4}{4d_2^2 - d_1^2}$,由此得到序列 $\{a_1, a_2, \dots, a_M\}$.

(4) 在序列 $\{a_1, a_2, \dots, a_M\}$ 中若存在 $a_{p+1}, a_{p+2}, \dots, a_{p+T}$ 都为 0(T 为阈值),则对应的图段部分为一种子线段,设这 T 个点的坐标为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_T, y_T)$,通过最小二乘法可得种子线段的直线方程.

(5) 在序列 $\{a_1, a_2, \dots, a_M\}$ 中若存在 $a_{p+1}, a_{p+2}, \dots, a_{p+T}$ 均不为零,取对应的段中点,求出它们的中垂线的交点依次为 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_T, y_T)$,若在序列中的半径序列和对应的 T 个交点满足:

$$\begin{cases} |a_j - r| < \epsilon_1, \\ |x_k - x_0| < \epsilon_2, \\ |y_k - y_0| < \epsilon_2, \end{cases}$$

其中 $r = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T r_j$; $\begin{cases} x_0 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T x_i, \\ y_0 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T y_i, \end{cases} \epsilon_1, \epsilon_2 \text{ 为常数,}$

其中, $j = p + 1, p + 2, \dots, p + T; k = 1, 2, \dots, T$; 则对应的图段部分为一种子圆弧. 从上可知该种子圆弧的圆心为 (x_0, y_0) , 半径为 $r = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^T r_j$.

(6) 若没有种子段, 寻找下一条未标记的图段, 进行步骤(1).

通过上面方法可判断某个图段是否含有种子段, 如果没有则重新搜索下一图段, 直到找到某一图段含有的所有种子段.

2 工程图的识别

2.1 确定搜索区域

2.1.1 直线所在的区域

设种子线段所在的直线 l 方程是: $ax + by + c = 0$; 点 (x_0, y_0) 到该直线的距离为 d , 则:

$$d = \frac{|ax_0 + by_0 + c|}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \text{ 若 } d \geq DT \text{ (DT 为阈值),}$$

DT 的取值由初始图形所画线的宽度和图形中平行直线间的距离等因素确定, DT 的值越小, 所需搜索的区域就越小, 则该点不在直线上. 设直线 l_1 和 l_2 与种子线段所在的直线 l_{AB} 平行, $d(l_1, l_2)$ 表示 l_1 与 l_2 间的距离, 且 $d(l_1, l_{AB}) = d(l_2, l_{AB})$, 则在工程图中种子线段 AB 所在的整体直线必夹在 l_1 和 l_2 所在的 2 条平行直线之间, 若 l_1 与 l_2 满足 $\begin{cases} d(l_1, l_{AB}) < DT, \\ d(l_2, l_{AB}) < DT, \end{cases}$ 则搜索的范围是 l_1 与 l_2 两条平行直线间的区域.

2.1.2 圆所在的区域

设种子圆弧的圆心为 $O(x_0, y_0)$ 半径为 r , 则圆或圆弧必在

$$r - \delta < \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} < r + \delta$$

的圆邻域内, 其中 δ 为一给定阈值.

因此, 在上述范围内进行搜索, 可减小搜索的区域, 提高识别的速度.

2.2 整体直线和圆的产生

对每一种子段, 在搜索区域内进行搜索, 对于圆弧种子段可按文献[7]中的方法确定优先搜索后继像素的方向序列列表, 对直线和圆弧上概率大的方向

优先搜索, 减少搜索次数, 进一步提高算法的效率. 若某种子段在识别其所确定的直线和圆或圆弧时搜索到已经搜索过的点, 仍继续搜索下去, 对连续已经搜索过的点进行统计直到这些点数和大于等于给定的阈值为止, 或到图形的边界或像素值为 0. 经上述处理后, 就可得到图像中的完整直线和圆或圆弧. 对已识别的部分进行标记, 以后不再重复进行处理. 由于一个图段可能产生多个种子段, 识别出所有种子段确定的直线和圆或圆弧, 再处理下一个图段, 对没有标记的像素进行上面处理, 直到图像中所有的像素均被处理, 识别出所有的整体直线和圆或圆弧, 减少下一次的处理量. 由于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, 通过对直线和圆或圆弧进行整体识别, 从而达到对工程图的识别.

2.3 扫描工程图的识别算法

步骤 1: 对未识别的部分进行搜索, 搜索出一图段;

步骤 2: 在图段中找出种子段, 若有则转入步骤 3, 否则转入步骤 1;

步骤 3: 对所产生种子线段或种子圆弧所在的直线或圆进行整体识别, 并对已识别的部分进行标记;

步骤 4: 重复步骤 1, 直到图形中所有的点都已标记过.

2.4 实验结果

扫描前的工程图如图 4 所示, 用本文提出的方法对图 4 进行扫描识别, 所得的识别图如图 5 所示, 识别结果表明, 本文提出的识别方法快速、准确, 具有良好的识别性能.

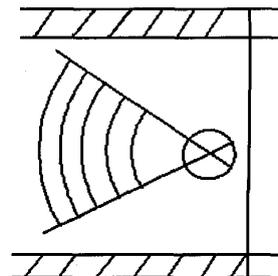


图 4 扫描工程图

3 结束语

在识别出种子线段和圆弧后, 由种子图段确定直线和圆的所在范围, 减少搜索次数, 一次对一条直线和圆或圆弧进行整体识别, 避免分段后再合并所

后,所得到的数据较各传感器分别决策的结果要精确得多.说明了D-S证据理论在侦察系统在进行目标识别的信息融合中应用的有效性和容错性.

6 结束语

随着战场环境日趋复杂和多传感器侦察到的数据量猛增,多传感器侦察系统采用信息融合处理已勿容置疑.然而,在目前的侦察系统中,信息融合的层次还比较低,融合的方法手段比较简单,对于收集和现代条件下的战场信息已显得不足,必须采用更高级的融合处理,以便在复杂、多变和存在许多不确定因素的情况下,获得有关威胁目标的精确位置、属性估计,以及对战场态势和威胁等级进行适时而完整的评价.一方面,要逐步提要融合的层次.不仅要使信息融合的等级由常用的像素级向更高一级的特性级和决策级融合发展,同时还需建立一个统一的、具有普遍意义的、能够包括各个层次和各个步骤的框架模型.另一方面,要不断改进融合的方法和技术.比如,如何利用人工智能技术,通过对威胁目标数据的优化数据库检索以及从背景噪声、假目标和干扰信号中分离出实际目标的方法;如何开发融合处理用的数据和知识库、新型有效检索机制和分布式多媒体数据库管理,还能够对数据趋势、敌方企图和任务目标进行推理,以便在涉及模糊数据时使数据搜集和资源分配获得最佳化推理系统和以模型为基础的自动目标识别(ATR)算法等.这些都是提

高侦察系统融合性能需要研究解决的问题.

参考文献:

- 1 涂小强.信息融合的原理与方法概述.电讯技术,1999,3:1~6.
- 2 王洪锋,单甘霖,夏明飞.地面防空C3I系统中的多传感器信息融合.仪器仪表学报,2001,22(4增刊):292~293,296.
- 3 孙涛,张宏建.目标识别中的信息融合技术.自动化仪表,2002,22(2):1~3.
- 4 何友,王国宏,等.多传感器信息融合及应用.北京:电子工业出版社,2000.
- 5 王耀南,李树涛.多传感器信息融合及其应用综述.控制与决策,2001,16(5):518~521.
- 6 Shreenath S, Alouani A T. A multisensor tracking system with an image-based maneuver detector. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1996, 32(1):167~181.
- 7 王忆锋,张海联,李茜.多传感器数据融合技术.红外技术,1997,19(2):34~36.
- 8 Mitchell R A, Westerkamp J J. Robust statistical feature based aircraft identification. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1999, 35(3):1077~1093.
- 9 孟章荣.军事应用中的多源信息融合技术.现代防御技术,2001,29(2):27~30.
- 10 Russo F, Ramponi G. Fuzzy methods for multisensor data fusion. IEEE Trans on Instrum Meas, 1994, 43(2):288~294.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第249页)

需进行的重复跟踪、共线和共圆的判断和连接,简化矢量化过程,可使直线和圆的识别速度和精度有较大的提高.今后将研究像素搜索过程使用惯性跟踪的原则,优先在同方向作连续跟踪,增大获取工程图中种子线段的概率,从而提高获取种子线段的效率.

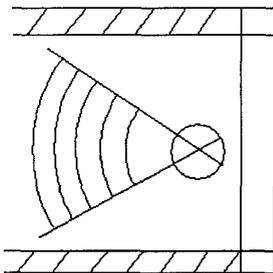


图5 识别图

参考文献:

- 1 沈怡,蔡士杰,高晓.建筑工程图符号的特征匹配识别方法.计算机辅助设计与图形学报,2003,15(9):1065~1069.

- 2 王德英,李新友,唐泽圣,等.图纸图像上线条的交互拾取.计算机学报,1997,20(10):925~932.
- 3 Vijay Nagasamy, Noshir A Langrana. Engineering drawing processing and vectorization system. Computer Vision, Graphics and Image Processing, 1990, 65:379~397.
- 4 叶海建,李明四.工程图纸向CAD系统自动输入处理.计算机工程与应用,2003,39(33):138~140.
- 5 Dov Dori. Vector-based arc segmentation in the machine drawing understanding system environment. IEEE Transactions on Pattern and Machine Intelligence, 1995, 17(11):1057~1068.
- 6 Han C C, Fan K C. Skeleton generation of engineering drawings via contour matching. Pattern Recognition, 1994, 27(2):261~275.
- 7 张显全.一种工程图中圆整体识别方法.计算机科学,2003,30(7):180~184.

(责任编辑:黎贞崇)