

工程图自动识别的假设验证矢量化方法

钟 鸣 戴国忠 (中国科学院软件研究所)

刘晓霞 焦海星 (解放军防化研究院计算中心)

摘要:本文提出一种工程图自动识别的非细化方法—假设验证矢量化方法。该方法试图预先把握直线、圆弧的走向特性,不依赖位图交点,因此对图的粘连、交叉、毛刺等有较好的处理效果。本方法只需方格边长这样一个参数,所构造的系统使用时操作简单。文中介绍了本方法的新的直线和圆弧识别的思想,给出了识别图例,讨论了线宽信息的获取。

1. 引言

工程图自动识别是一个有较大实用和学术价值的课题,其过程大致可分为矢量化和后处理两个较为独立的阶段。其中矢量化的工作是将扫描图象转化为中心骨架或其它形式的矢量数据。后处理将矢量化结果拟合或识别为一般图素,如直线段、圆弧等等。然后对得到的图素间的关系进行各种校正,如相交、相切、垂直、平行等等。

工程图扫描图像的计算机表示是一个像素矩阵,每个像素用“0”、“1”表示。这种表示也可称为位图表示。每个图素在扫描图像中都由一系列像素组成。为讨论方便,将扫描图中的图素称为位图图素,如位图直线、位图圆弧、位图交点等,以区别于几何直线、几何圆弧、几何交点等等。

自动识别的目的是得出扫描图中像素表示的位图直线、圆弧、曲线的几何表示,为进一步的处理作准备。当然也可作为工程图纸存放和管理的一种有效手段,因为几何表示的图形能极大地节省存储空间,方便管理。

目前,比较流行的工程图识别软件大多基于细化方法。由于细化操作只适合于线状区域的骨架求解,在非线状区域将出现畸变,使得基于细化方法的图素识别只能在畸变的骨架上进行,影响了识别效果,而且算法也比较复杂。针对此种情况许多学者提出了一些非细化方法,取得了明显的效果。所有这些方法包括基于细化的方法都有一个共同点,即在将矢量化结果进行拟合识别得到图素时都必须处理位图交点。如图1所示,该任务是要决定与位图交点相关的图素片段 a、b、c、d、e 的正确配对,得出完整的图素(直线或圆弧等等)。这样的配对是比较复杂的,参看相关文献可知相当篇幅是在讨论如何正确配对的。由于扫描图中粘连、交点变形等情况使

配对很有可能出错,特别是基于细化的方法,由于畸变更是如此。本文提出的工程图自动识别的假设验证矢量化方法比较简单,想法是先将整幅图视为由小直线段组成,找出这些小直线段找出尽量长的直线段。然后根据所找出直线段间的关系再找出或称识别出圆弧和圆。从广义上说圆也是圆弧,以后不再区分。

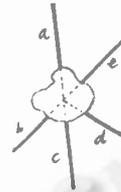


图 1

在识别直线和圆弧的过程中始终按照先假设后验证的思路进行。先假设出直线和圆弧的方程,然后根据方程读位图进行验证,验证确实后才予承认。验证的同时得到直线段和圆弧的端点。所以本文中验证是指以直线或圆方程为约束,读位图,以判断决定的直线或圆弧是否压在位图段上。这里的验证也可以理解为约束跟踪。

如何作出假设,假设的依据是什么,直线如何识别,圆弧又如何识别,我们将按节讨论。

2. 假设依据

计算机要从扫描图中找出直线和圆弧必须从单个像素入手。若无一定的启发,这种寻找必然产生组合爆炸。因此在某种意义上可以认为各种不同的识别方法就是不同的启发搜索方法。

本方法的第一步是找出图中适当多的小直线段,以作为寻找直线的依据。在寻找出直线段后再以直线为依据找出园。可以说小直线段是识别位图直线和位图园弧的基本依据。将扫描图用正方形网格分割如图 2 所示。方格边上出现的连续像素段称为边点。如图 3 所示,在边 2 和边 4 上各有一个边点。方格边上出现边点的组合情况是比较多的。可以用不同边点上任意两个边点分别求取中点再读图验证得出一小段直线。我们的目的是想通过方格抓取位图直线或位图园弧的一些片段,得出位图直线或位图园弧的几何表示。用不着考虑位图交点所在的那些方格。根据方格边点的复杂情况可以剔除位图交点所在方格。

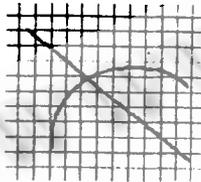


图 2



图 3

方格的大小是一个关键参数,也是本方法的唯一参数。它的变化将对小直线段以至整个图的识别效果产生很大的影响。虽然其作用很大,但确定却比较简单;准则是所有位图直线和园弧的线宽应小于方格边长,同时位图直线和园弧除交点外应至少有一段穿过一个方格。准则前后两部分保证了得到位图直线或位图园弧上一小段直线。否则给出很小的方格或很大的方格都得出合适的小直线段。

3. 直线识别

在用正方形网络分割图形且对每个方格进行处理得出一系列小直线段后,可以从这些小直线段出发进行直线识别。假设每一小直线段都代表了它所在直线的方向,也就是说由小直线段构造的直线方程都与它所在直

线方程相同。对从小直线段得出的方程进行验证,同时求出端点得到一直线段。此时并不能保证所得直线段就是相应位图直线段的准确几何表示;可将新得到的直线段数次摆动和平移。每次摆动或平移都以新端点为约束验证是否压在位图上。压在位图上的数次摆动和平移得出数个直线方程。对每个方程进行验证得出数条直线段,选其中最最长一条作为位图线段的几何表示。

为追求得出的几何表示能准确反映位图直线段,可以将上述过程进行迭代。终止条件为相邻两次迭代得出直线长度之差小于某个常数。

上述方法在无噪情况下能保证得出一条压在位图直线段上的几何直线段。但实际情况是有噪的,位图直线可能断线或有空调。因此据方格边长得出一个量,比如说边长的 1/3,使验证时允许位图中断数个点。

直线段识别从第一个方格开始进行直至最后一个方格结束。方格按行列编号。为避免重复识别,在得出一条几何直线段后给它所经过的方格都打上标记,在以后的识别中遇上有标记的方格不处理。

通过上述工作得出一个几何直线段的队列;由于各种误差,可能有的位图直线段上压有几条几何直线段。可以根据平行、距离等条件进行归并,最终得到准确的几何直线段。

从直线段的识别算法可知,本算法对位图交点不考虑,对排除位图交点变形、毛刺、粘连等问题较有效。

4. 园弧识别

在识别园弧前,扫描图已被识别成尽量长的直线段。在位图园弧上也作出了一系列的直线段,如图 4 所示。



图 4

可以从所有直线段中找出位图园弧上两条相交直线段,根据两相交直线段假设出园方程。以园方程为约束进行验证求取园弧端点。理想情况下相应园弧能一次作出。

然而实际情况中由于噪声的存在,必须在每次验证后根据验证情况对园方程作出修正。边假设边验证边修正,最终得出园弧。

园弧识别程序对第3节中得出的直线队列进行搜索,对任意有交点的直线段都要试作园弧。为避免重复,每作出一个园弧后都将此园弧上所有直线段去掉。事实上这些线段也该去掉,它们并不真正对应位图直线段,只是位图园弧上的一些杂线。在去除杂线同时,对于一些与园弧相交而又错误地延伸进位图园弧的几何线段也要作适当的处理。任何两个位图直线段在相交且夹角大于 90° 小于 180° 的地方都可以作出一个园弧,如图5所示。因此在园弧识别前和识别后而需加入一些判断条件,以免误识别。从本算法的园弧识别思想可以知道算法是不依赖于位图交点的。

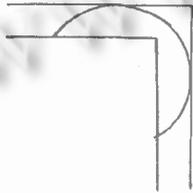


图5

5. 后处理和线宽获取

识别出直线和园弧后,应作一些相应的处理。如几何直线段不是位图直线段的中心线,直线段、园弧的端点精确定位,直线和园的相切,直线的平行垂直等都需要进一步处理校正。

这些问题都可以识别出的园弧和直线为依据,结合扫描图,再结合工程图的一些常识构造算法进行处理。

线宽信息工程图也很重要。我们得出直线和园弧后也对线宽进行获取。想法是在几何直线段和园弧上抽取 m 个点,求 m 个点处的线宽,算术平均得出图素线宽。分析工程图可知,一直线段或图弧的线宽只可能在与其它直线段和园弧相交处产生变化。因此一直线段或园弧可通过求取其与别的直线或园弧的交点来分成数段,分别求取线宽。

6. 结束语

工程图的自动识别作者经过深入研究提出了一种新的方法,实践表明有较好效果。图6是实际扫描工程图,图7是识别效果。本方法的特点是只需要方格边长一个参数,因此构造的系统,用户操作起来较为简单。假设验证的思想实质上是试图预先把握直线、园弧的走向,以进行高效和较精确的跟踪;对于位图交点、粘连、毛刺等能较好地进行处理。但是要更完善地解决工程图识别问题,我们认为必须更多地模仿人对图的联想、常识推理、把握全局等能力才有可能。如何更好地模仿人的这些识图能力正是作者下一步准备研究的问题。

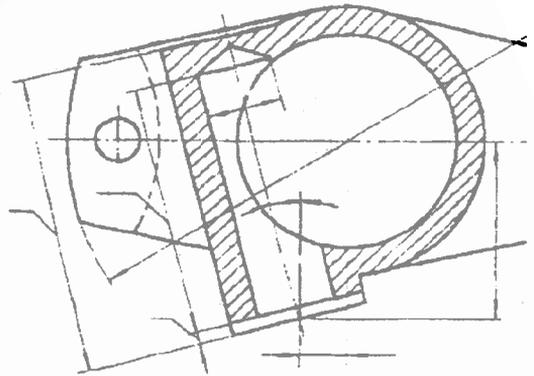


图6 实际工程扫描图

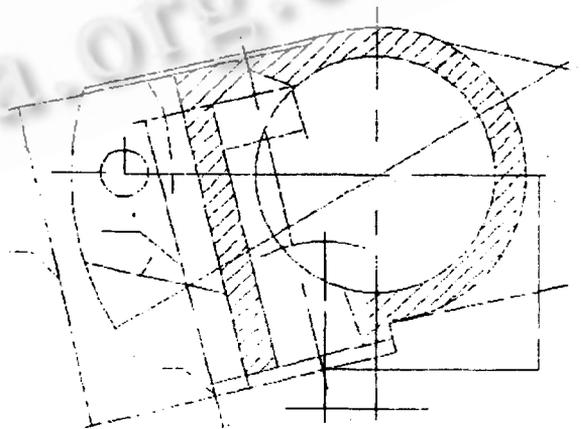


图7 识别结果