

文章编号:1001-9081(2006)01-0127-02

机械工程图中形位公差符号的自动识别技术研究

冯 奂¹,张树生¹,刘晓翔¹,梁岱春¹,刘汝杰²

(1. 西北工业大学 现代设计与集成制造技术教育部重点实验室,陕西 西安 710072;

2. 富士通研究开发有限公司,北京 100016)

(fengzhzhen@hotmail.com)

摘 要:根据机械工程图中形位公差符号的特点,在矢量基础上,提出并实现了一种基于关键图形特征和标注字符相结合的识别算法。该方法包括 3 个步骤:首先寻找该类图形的关键元素;然后根据该类图形的具体构造语法规则,由关键元素引导、逐步搜索该类图形的其他结构元素;最后用字符信息来对该类图形的有效性做出判定。试验结果表明该算法具有较好的适应性,且识别率高。

关键词:矢量化;形位公差;识别

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A

Research on automatic recognition of tolerance in shape and relative position in engineering drawings

FENG Huan¹, ZHANG Shu-sheng¹, LIU Xiao-xiang¹, LIANG Dai-chun¹, LIU Ru-jie²

(1. The Key Laboratory of Contemporary Design and Integrated Manufacture, Ministry of Education,

Northwest Polytechnical University, Xi'an Shannxi 710072, China;

2. Fujitsu Research And Development Center, Beijing 100016, China)

Abstract: According to the characteristics of tolerance in shape and relative position in engineering drawings, a new vector-based recognition algorithm based on key graphics characteristics and label character was proposed and implemented. This algorithm consisted of three main steps: firstly finding the key components, secondly searching other components according to the specific graphic syntax, thirdly judging the validity by characters. Experiment results indicate that this algorithm has powerful adaptability and high recognition.

Key words: vectorization; tolerance in shape and relative position; recognition

0 引言

随着 CAD 技术被日益广泛地应用到工业设计的各个领域,由各种 CAD 系统绘制的图纸也逐渐取代了手工绘制的图纸。如何利用那些人们长期积累下来的旧图纸,是一个亟待解决的问题。工程图纸的自动输入(即矢量化)与智能识别是解决这一问题的重要途径。

现有的图纸识别系统的矢量化结果是以孤立存在的图形基元(直线、圆弧、圆和字符等)为主,这种孤立图元结构的工程图识别结果缺乏矢量之间的逻辑关系、位置关系、拓扑结构关系和工程语义信息等,与高层次的工程图识别理解与智能重用相差较远。要全面识别、理解工程图,就必须在矢量化基础上进一步识别出工程图中的各种图形符号。形位公差符号的识别是工程图纸智能输入与识别工作中的重要内容,而目前国内外对它的研究尚属空白,其识别难点在于一个形位公差由多个元素组成,且其格式不固定、内容多样。

现有的符号识别方法可分为 4 类:基于模板的匹配^[1],基于图的匹配^[2],基于神经网络的匹配^[3]和基于语法规则的匹配^[4,5]。基于模板(图)匹配的方法需要建立模板(图)库,将每个符号分别描述为独立的模板(图)结构,识别时逐个匹

配,灵活性较差,冗余度大且识别效率不高。神经网络方法需要先把符号正确的分割出来,对于格式不固定且内容多样的符号,需要做大量的训练,造成效率较低并且容错性较弱。文献[5]根据图形的语法规则,提出一种通用方法来识别简单的线型,对于符号的识别则局限于算法层次,可扩充性较弱。

针对以上算法的局限性,根据形位公差符号的构造特点和具有标注字符这一重要特征,在矢量基础上,提出了一种基于关键图形特征和标注字符相结合的识别算法。该算法首先提取一条直线和一个圆,将它们分别作为形位公差代号和基准代号的关键元素;然后根据形位公差的语法规则,由关键元素引导,逐步搜索其他构成元素。上述识别过程简单、快速,而最后再由形位公差内部的字符信息对识别结果的有效性进行验证,可以使识别率得到显著提高。

1 形位公差的概念及代号

形状公差是零件表面的实际形状对理想形状所允许的变动量。位置公差是零件表面或轴线的实际位置对基准所允许的变动量。形状和位置公差简称为形位公差。在零件图上给出形位公差,是设计人员为控制该零件上某些要素的形状误差或者位置误差而提出的一种技术要求,这些误差会影响零

收稿日期:2005-07-29;修订日期:2005-10-01

作者简介:冯奂(1979-),男,河北玉田人,硕士研究生,主要研究方向:模式识别、计算机图形图像;张树生(1956-),男,山东人,教授,博士生导师,主要研究方向:模式识别、计算机图形图像、神经网络、逆向工程、先进制造系统;刘晓翔(1977-),男,湖北宜昌人,博士研究生,主要研究方向:模式识别、图纸理解;梁岱春(1979-),男,吉林九台人,硕士研究生,主要研究方向:企业信息集成、计算机集成制造系统、计算机图形学;刘汝杰,男,博士,主要研究方向:模式识别、计算机图形图像。

件的使用要求和互换性。

国家标准 GB/T1182-1996 规定在零件图中形位公差应采用代号标注。在无法用代号标注的情况下,允许在技术要求中用文字说明。形位公差代号用形位公差矩形格表示,如图 1 所示,图中 H 为字高。形位公差矩形格是由若干个小矩形格组成,并在相应的小矩形格中标出公差特征符号、公差值、基准符号等,矩形格应该水平或者竖直摆放。根据项目的特征和要求,矩形格中的小矩形格可以增减。形位公差特征项目共有 14 种,每个项目都由一种符号来表示。

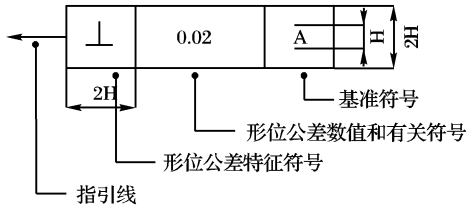


图 1 形位公差代号

形位公差的基准由基准代号表示。基准代号是由带小圆的大写字母用细实线和粗短横线相连所组成,如图 2 所示。形位公差代号和基准代号共同组成形位公差符号。

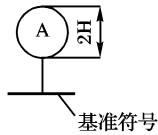


图 2 基准代号

2 形位公差符号的识别算法

2.1 综合运用图形特征和标注字符的识别方法

形位公差符号的所有组成元素中,本文把具有形位公差明显特征的图形元素称为关键元素。关键元素可以是单个图元,也可以是相互关联的一组图元。选择合适的关键元素须遵守以下 3 个因素:

- (1) 关键元素必须是此类图形的共有元素,能在一定的程度上代表此类图形的存在,否则那些不含该类关键元素的此类图形就无法被识别出来;
- (2) 该类关键元素应具有明显的结构特征,并能够被快速而准确地从矢量数据中提取出来,从而帮助搜索其他元素;
- (3) 关键元素应是矢量结果中相对稳定、可靠的一类图形,如直线或圆。

关键元素确定后,形位公差的识别即是由关键元素引导、逐步搜索形位公差的结构元素的过程。同时值得注意的是,在形位公差代号和基准代号内部都含有字符信息,因此在搜索过程结束后要利用字符信息对形位公差的有效性做出最后判定。

2.2 算法实现

2.2.1 识别形位公差代号

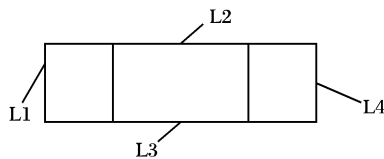


图 3 形位公差代号示意图

形位公差代号识别算法如下:

Step 1:通过对形位公差的具体构造语法规则的研究,可以看出形位公差代号是由若干个小矩形格组成的一个大矩形,并且此矩形是水平或者竖直放置的,在其内部的每个小矩

形格内都有字符信息,并用一条带箭头的指引线来标注。在工程图矢量化过程中,通过字符识别,可以得到图中所有字符的平均高度。因此,可以确定此类图形的关键元素应该是符合下列条件的线段:

- (1) 该线段的长度应该在某一阈值范围内,即该线长度大致等于平均字符高度的 2 倍;
- (2) 该线段的宽度小于一定值,即该线是细直线;
- (3) 该线段的斜率为水平或者竖直。

通过以上 3 个条件的筛选,本文把形位公差代号的关键元素定为图 3 中的线段 L1。

Step 2:在线段 L1 附近寻找其他组成元素(线段)的步骤如下:

- (1) 找出与 L1 垂直的两条直线 L2 与 L3, L2 与 L3 等长且其长度在某一阈值内,且 L2 与 L3 的某一端点分别与 L1 的两个端点相交,即 L1、L2 和 L3 构成一个矩形的三条边;
- (2) 在 L2 与 L3 的另一端点处找出 1 条与 L1 等长且平行的直线 L4,且 L1、L2、L3 和 L4 这四条线段组成一个矩形;
- (3) 在此矩形内找出与 L1 平行且长度大致相等的其他直线;
- (4) 在 L1 与 L2 附近寻找与其相交的指引线,指引线应该是首尾相接的线段。

在此阶段,判断两线段端点相交且等长的阈值可以适当放宽。其原因是矩形格内的字符可能与直线粘连导致直线矢量化结果不完整,放宽阈值后可在一定程度上解决此问题。

Step 3:判断此矩形内是否有字符信息,如果矩形格内有字符信息,就可以确定已识别出的图形是形位公差代号。

2.2.2 识别基准代号

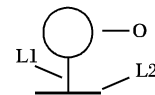


图 4 基准代号示意图

基准代号识别算法如下:

Step 1:基准代号是由一个小圆和两条相互垂直的直线组成的,在小圆的内部也有字符。由此,可以确定此类图形的关键元素应该是符合下列条件的圆:

- (1) 该圆的半径应该在某一阈值内,即该圆半径大致等于平均字符高度;
- (2) 该圆没有中心线。

通过以上 2 个条件的筛选,本文把基准代号的关键元素定为图 4 中的圆 O。

Step 2:在圆 O 的附近寻找其他组成元素(线段)的方法如下:

- (1) 在圆 O 外部找出一条长度在某一阈值内的细直线 L1,且 L1 的一个端点在圆 O 上;
- (2) 在 L1 的另一端点处找到与其垂直的长度在某一阈值内的粗直线 L2。

Step 3:判断圆 O 内是否有一个字符,如果有,就可以确定已识别出的图形是基准代号。

3 实验结果

本文提出的识别算法主要是针对机械工程图纸,实验时采用了大量的机械图纸进行测试,在各种不同的情况下验证

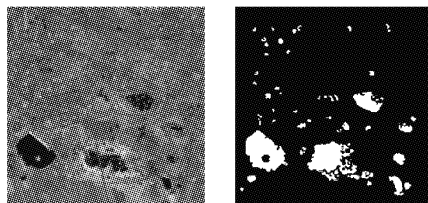
2.2 与现有纹理分割算法的结果对比

Randen 和 Husøy 在文献[6]中,涉及到了基于灰度共现阵的纹理分割方法,它所使用的特征是 4 个方向共 16 个共现阵特征,所使用的分类方法是 LVQ (Learning Vector Quantization scheme),同时给出了分割双纹理图像的错误率列表。作为对比,本文也列出了分割双纹理图像的错误率列表,如表 1 所示。所选图像出自同一个纹理库(http://www.ee.oulu.fi/research/imag/texture),其中镶嵌图 a 由 D4 和 D84 组成,镶嵌图 b 由 D12 和 D17 组成,镶嵌图 c 由 D5 和 D92 组成。虽然本文未对大量纹理图进行实验,但单从这几幅图像识别错误率上看,本文的算法是优于一般的灰度共现阵方法的。

表 1 识别错误率对比表

	镶嵌图 a	镶嵌图 b	镶嵌图 c
文献[4]中的方法	1.9%	4.8%	3.3%
本文中的方法	1.6%	1.5%	2.3%

2.3 遥感图像中纹理特征的提取



(a) 实际的遥感图像 (b) 分割结果

图 6 对遥感图像的分割

在图 6(a) 所示的遥感图像中,城市可以看作是一种纹理,而水域又是另外一种纹理,应用本文的方法,对其进行分

割,结果见图 6(b)。从分割效果看,基本准确地区分了两类纹理区域,但对某些混合的纹理区域,如原图中的中下部分的一块水域区域,则效果不佳。

3 结语

本文提出了一种统计多分辨模型下的无监督纹理分割算法,在实验的基础上与文献中的结果进行了对比,显示了本算法的有效性。同时,实践证明本算法还有很多不足之处有待改进,大致可概括为以下两点:1) 找到分辨率更高的纹理测量算子,以适合实际图像处理的需要;2) 提高多分辨率、多特征融合算法的效率,从而提高算法的分割效果。

参考文献:

[1] 王润生. 图像理解[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1998.
 [2] SONKA M, HLAVAC V, BOYLE R. 图像处理、分析与机器视觉[M]. 艾海舟,武勃,译. 北京:人民邮电出版社,2003.
 [3] TUCERYAN M, JAIN AK. ANALYSIS T. The Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision [M]. 2nd Edition. World Scientific Publishing Co., 1998. 207 - 248.
 [4] MANJUNATH BS, CHELLAPPA R. Unsupervised texture segmentation using Markov random field models[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence archive, 1991, 13(5): 478 - 482.
 [5] CLAUDHURI BB, SARKAR N. Texture texture segmentation using fractal dimension[J]. IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intelligence, 1995, 17(1): 72 - 77.
 [6] RANDEN T, HUSØY JH. Filtering for Texture Classification: A Comparative Study[J]. IEEE Trans. on Pattern Anal. Machine Intelligence, 1999, 21(4).

(上接第 128 页)

了算法的可靠性。图 6 是一张典型的机械图纸的形位公差识别结果。实验结果显示,本文提出的算法具有较好的适应性和容错性,且识别率高。

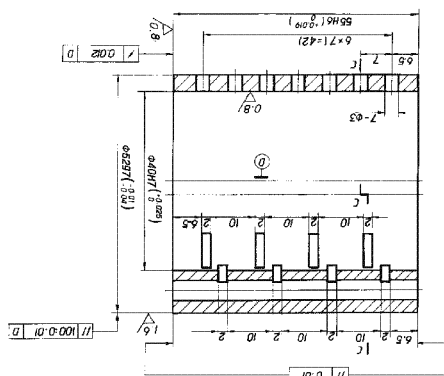


图 5 扫描输入机械工程图纸

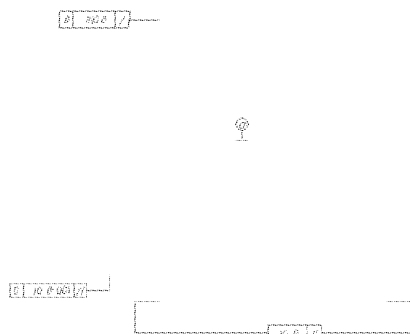


图 6 形位公差符号识别结果

4 结语

本文讨论了在工程图矢量化后对形位公差符号的识别工作。针对形位公差自身的语法和语义规则,在矢量基础上提出了一种基于关键图形特征和标注字符相结合的形位公差符号识别算法。该方法从搜索关键元素出发,根据形位公差的具体构造语法规则,不断在其周围区域寻找组成该图形的其他元素,最后用字符信息来加以判断。

该算法已经用 C++ 语言编程实现,并在实际测试中获得了良好的效果。本算法还可以用于识别其他与字符紧密相关的图形符号,例如粗糙度符号。所以,该方法的研究和开发还有待进一步的深入和完善。

参考文献:

[1] YU YH, SAMAL A. A system for recognizing a large class of engineering drawings[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine Intelligence, 1997, 19(8): 868 - 890.
 [2] LLAD6S J, S6NCHEZ G, MARTY E. A string based method to recognize symbols and structural textures in architectural plans[M]. TOMBRE K, ed. Graphics Recognition - Algorithms and systems, vol. 1389 of Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 1998. 91 - 103.
 [3] 邹荣金,蔡士杰,张福炎,神经网络技术在工程图纸识别中的应用[J]. 南京大学学报(自然科学), 1999, (1): 66 - 73.
 [4] PRABHU BS, PANDE SS. Intelligent interpretation of CADD drawings[J]. Computers & Graphics 1999, 23(1): 25 - 44.
 [5] 刘文印,唐龙,唐泽圣, Dori D. 一种在矢量基础上进行图形识别的通用方法[J]. 软件学报, 1997, (5): 376 - 383.