

工程扫描图象的直线整体识别算法

王金鹤 欧宗瑛

(大连理工大学 CAD 研究所, 大连 116024)

夏晓东

(海信集团技术中心, 青岛 266071)

摘要 利用工程图纸的整体形状特性, 提出了对扫描图象的直线整体识别算法, 该算法对图象线条轮廓上的关键点进行了精确记录, 并对它们进行了分析和处理。该算法不必单独处理线的交叉问题, 但交叉点处的效果明显。它的基本思想是: 首先检测原图象线宽, 然后依据原图象线条的不同线宽, 把原图象转化为一些由梯形块组成的条块图, 并对不同的条块图分别进行整体识别。

关键词 二值图象, 工程图条块化, 图象识别

1 引言

从70年代开始, 前人已经在工程图纸识别输入方面进行了广泛研究。文献[1~8]等对这一课题做了大量工作。在前人的工作中, 较为典型的识别方法分为4类: 一、基于细化的识别方法; 二、轮廓匹配法; 三、OZZ搜索法; 四、把图象转化为图结构, 利用图的邻接关系进行识别的方法。前3种方法基于象素点进行处理和识别。第4种方法基于图结构的邻接关系进行识别处理。

对于第一种基于细化的识别方法, 由于细化算法的抗噪声性能较差, 普遍存在节点畸变, 特别是对后期识别阶段的影响很大, 并且误差会逐层放大, 严重影响后处理阶段的结果的正确性。目前也有很多新的“抗噪”细化算法以及对细化后图形的节点校正处理算法。如加拿大 N. J. Naccache 和 R. Singhal^[1] 快速细化算法, Dacies E R 和 Plummer A P N^[2] 的处理算法及 S. H. Joseph and T. P. Pridmore^[3] 等人的节点校正处理算法及霍宇翔^[4] 等人提出的基于视口的自适应畸点校正算法等。这些算法基本上是以节点的方形或圆形邻域为视口, 根据图形与视口各边线的交点个数及节点的连通情况, 依此判断分析各个节点, 利用规则对节点合并或分离, 最后达到修正节点的目的。但这些算法对较为复杂的图象特别是

叉口较多的情况也显得无能为力。

轮廓匹配法是利用图象的轮廓进行识别, 如台湾的 C-C Han^[5] 等人的识别方法。

OZZ搜索法是不经细化直接对原图象进行识别的方法, 如以色列的 D. Dori^[6] 等提出的识别方法。

基于图象域表示及邻接图的识别方法克服了抗噪声性能较差的缺点, 比较典型的算法如美国的 T. Pavlidis^[7] 利用 LAG 结构对工程图纸进行处理和识别, H. Bley^[8] 利用 BAG 结构对电路图进行了处理和识别, 效果都不错。周辉^[9] 利用梯形象素域结构对工程图纸进行了识别处理, 效果良好, 但交叉处的效果不明显。

本文利用工程图纸的整体形状特性及图面内容关联性的特点, 提出了对扫描图象直线整体识别方法, 该算法对交叉点处处理效果尤为明显。

2 基本概念

(1) 梯形象素域: 梯形象素域为图纸图象中封闭的梯形状四边形连续黑区域, 区域内不含空洞, 如图1所示(见文献[9])。

(2) 条块图: 把整个图象经处理简化为由梯形象素域结构组成的图结构称为条块图。

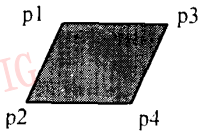


图 1 梯形域示意图

- (3) 孤域:条块图中出入度均为零的域称为孤域。
- (4) 端域:条块图中出入度总数为 1 的域称为端域。
- (5) 连域:条块图中出入度均为 1 的域称为连域。
- (6) 多连域:条块图中出或入度为 2 的域称为多连域。
- (7) 条块化:把图象进行处理形成条块图的过程称为条块化。
- (8) 黑游程:由光栅扫描图象的某扫描行上的连续黑像素构成的区域称作黑游程。

3 条块化

如第 2 节(7)所述,条块化就是生成条块图的过程。条块图分为两类,一类是以不同线宽为依据的局部条块图,另一类是把各个局部条块图合并后组成的图结构,称为整体条块图(见 3.4 节)。本节以原图纸图象的线条宽度为出发点,生成整体条块图和以不同线宽为依据的各个局部条块图。以下如不特别声明,所说的条块图是指局部条块图。

3.1 线宽检测

由条块化的定义可知:条块化过程的主要就是域的生成过程,在此过程中要用到图象的线宽,线宽

的检测就是根据像素的腐蚀、膨胀原理,先对图象实施腐蚀运算,再对图象实施膨胀运算,从而把细线滤除,实现粗、细分离,并得到粗、细线线宽。因线条交叉处的宽度普遍较大,最后要提取大于最宽线条宽度 2.5 倍的线条。算法从略。有了粗、细线分离算法,就可以对原图象各个线宽的线条以线宽为基准进行分类,对分类后的各类粗(细)线分别进行识别处理,最后把识别后的各类直线进行合并和线宽恢复,从而复原原图象信息。如不特殊声明,下面的算法是针对某类线宽的线进行处理的,此时图面上只有此类线宽的直线,其他类别的线条已滤除。为了理解上的方便,在下面的某些算法中,也可以认为所处理图象的直线的线宽是相同的。实施线宽检测算法有两方面的优越之处,其一是用以下算法生成的条块图失真度较小(因不同的线宽所使用的偏差阈值不同),其二是便于识别阶段的识别处理。

3.2 域的生成及关键点的自适应检测算法

要生成域,首先应确定生成域的判别条件,如图 2 所示,用 T 表示梯形象素域,它在计算机内用结构类型表示。其中 $p1$ 、 $p2$ 、 $p3$ 和 $p4$ 为结构 T 中的四个点,因为我们考虑的图象是光栅扫描图象,光栅扫描图象是以行为单位自上而下扫描的,所以 $p1$ 和 $p2$ 的纵坐标相等, $p3$ 和 $p4$ 的纵坐标相等,且前者小于后者。为了叙述上的方便,在下述的表示中,以 $p1.x$ 、 $p2.x$ 、 $p3.x$ 和 $p4.x$ 分别代替 $T.p1.x$ 、 $T.p2.x$ 、 $T.p3.x$ 和 $T.p4.x$;以 $p1.y$ 、 $p2.y$ 、 $p3.y$ 和 $p4.y$ 分别代替 $T.p1.y$ 、 $T.p2.y$ 、 $T.p3.y$ 和 $T.p4.y$ 。用 B 表示某扫描行上的某一个黑游程段。域的生成过程是随着扫描线的扫描过程进行的。域的判别条件为同时满足以下 4 条:

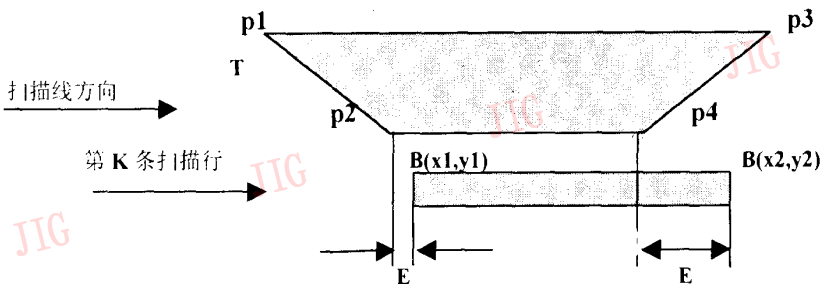
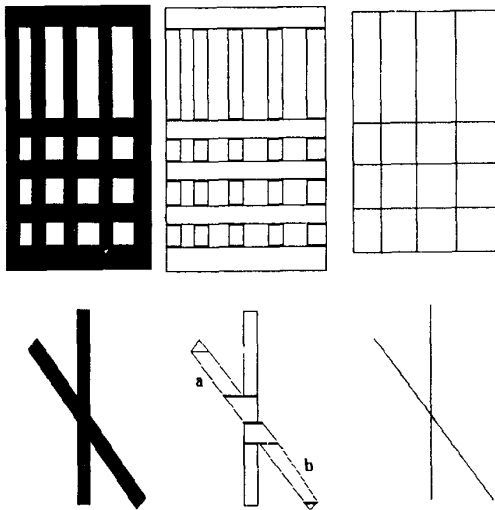


图 2 域的生成示意图, T 为某梯形象素域, B 为第 K 条扫描行上的某黑游程段。

- (1) $B.y_2 = p_2.y + 1;$
- (2) $|B.x_1 - p_2.x| < E;$
- (3) $|B.x_2 - p_4.x| < E;$
- (4) $(|p_1.y - p_3.y| - |p_2.y - p_4.y|) * |B.y_1 - p_1.y| < SIZE;$

根据工程图的实际情况及本算法的实验结果,对于线宽在 2 至 3 范围的直线,上面条件所用到的偏差阈值 E 可选为 3, $SIZE$ 可选为 80, E 和 $SIZE$ 的大小由预先检测的线宽所决定。在上述条件中,条件 1 是在修改先生成的当前梯形象素域时,确保当前梯形象素域与当前处理的黑游程段间相邻。条件 2 与条件 3 确保当前梯形象素域与当前处理的黑游程段左右偏差不大。这样也就确保生成的条块图失真度较小(按 $E=3, SIZE=80$, 由本算法得出的中间结果——一条块化的图的失真度很小),从而确保了后续识别算法能够得出正确结果。条件 4 是从整个线条出发,从整体考虑确保生成的条块线条偏差不大,从图 3 可看出本算法所得的结果。



左为原图,中为算法生成的整体条块图,右为没有恢复原图线宽信息的识别结果(在此例中,本算法实施了粗细线分别识别,最后把所有识别后的线条都变成了单像素宽)

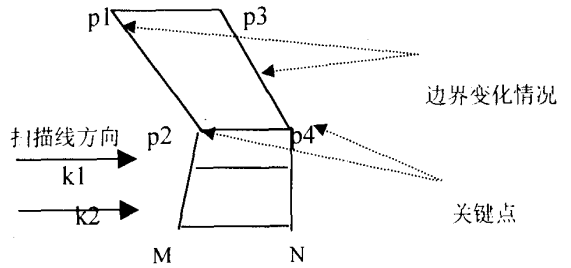
图 3

下面是域的生成算法思想:

- (1) 输入:矩阵表示的二值图象。
- (2) 输出:由域组成的链表。
- (3) 域的生成算法思想为:首先根据自适应线宽检测算法得出的线宽,设置 $E_1, E_2, SIZE$ 等偏差阈值,如图 2 所示;然后扫描图象第 1 行,由第 1 个黑游程段形成第 1 个域 T ;检查第 1 个黑游程段 B ,根据偏差阈值 E_1, E_2 ,若符合合并条件,则调用关键

点自适应检测算法模块,以检测域 T 两边边界变化情况 & 完成块的合并操作。否则,若不符合合并条件,形成新域。如此循环。直至扫描图象最后一行。

关键点自适应检测算法就是根据边界变化情况,决定是否记录点 p_2, p_4 (可能的关键点),若有变化则记录,若前面已记录了关键点,根据条件判别是否分割域 T 为两个块,否则,合并 B 于 T 内。图 4 反映了一种可能出现的情况。



在扫描线 k_1 处,记录关键点 p_2, p_4 ,并执行合并操作;在扫描线 k_2 处,分割域, $p_1-M-N-p_3$ 为域 $p_1-p_2-p_4-p_3$ 和新域 $p_2-M-N-p_4$ 。

图 4 关键点自适应检测算法处理的一种可能情况。

引用了自适应检测关键点技术后,生成的条块图结构更能逼真地反映原图信息,见图 3 的整体条块图。

3.3 去噪处理

去噪处理就是去掉那些面积小于预定阈值 S 孤域、端域和连域的处理过程。经过去噪处理后的图结构变得更加简洁。

3.4 整体条块图的生成

上面所述的条块图生成算法生成的条块图是基于线宽检测算法分离的某类线宽生成的图结构。对于各类线宽直线要分别生成本类的条块图。为了便于在识别阶段形成整体信息,确保识别的准确性,要生成一个整体条块图。生成整体条块图的算法基本思想很简单:由于条块图结构在计算机内实际上是一个双向链表,不同的条块图就是不同的双向链表,但它们的结点结构完全相同。因此,生成整体条块图实际上是合并各个结点结构完全相同的双向链表。最后,对合并后的条块图的各个结点的邻接关系进行重新组合,从而生成一个完整的图结构,这个整体条块图是针对整个原图纸图象的。有一点要注意,就是生成整体条块图后,不能破坏原来的各个局部条块图结构。以备下述识别算法所利用。生成的整体条块图如图 3 中图所示。

4 扫描图象直线整体识别方法

整体识别就是摆脱传统的仅停留在像素级别上的识别观念,基于图纸图象的整体信息,模拟人的读图过程进行识别的算法。对于条块化过程中生成的各个域,它们没有直线的任何信息,但它们自身有长、宽、高等几何信息,本文的扫描图象直线整体识别方案就是把这些几何信息加以综合,在计算机内形成整体信息后进行识别的。即,不但要看局部,更要看整体。

4.1 直线整体识别方法

由上节的讨论可知,不同线宽的直线有不同的条块图。下面的识别算法是针对某一类线宽的直线进行识别的,在识别此类线宽的直线时,以此类线宽的条块图为局部参考物,以整体条块图为整体参考物。

假设共有 N 个局部条块图,分别记为 $G_1, G_2, G_3, \dots, G_N$, 整体条块图记为 G 。

算法思想如下:

输入: G_i 和 $G(i = 1, 2, \dots, N)$ 等各个条块图。

输出: 识别后的直线。

第 1 步 $i=1$;

第 2 步 对 G_i 的各个结点与 G 中的相同结点进行匹配操作(该操作主要把 G 中对应结点在 G 中的上、下邻接关系传给 G_i 中的相应结点)。

第 3 步 对 G_i 的各个结点进行结点类型赋值操作(该操作根据各结点自身的长、宽、高等几何信息,把 G_i 中的各个结点归结为横、竖、斜等类)。

第 4 步 调用直线判别生成函数(GenerateLine(G_i))。

第 5 步 i 小于 N ? 是, $i=i+1$; 转第 2 步。

第 6 步 处理整体条块图 G 中没有标记的多链域。(直线判别生成函数算法的第 6 步对 G 的结点进行标记)

第 7 步 根据整体条块图 G , 分别检查、修改或合并由上述 6 步生成的直线。结束。

下面说明直线判别生成函数(GenerateLine(G_k))的算法思想:

输入: 某局部条块图 $G_k(k=1, 2, \dots, N)$ 。

输出: 识别后的直线。

假设 G_k 中共有 M 个结点, 本算法以结点的生

成顺序遍历图 G_k 中的各个结点; 以符号 Block 表示指向正在处理的结点的指针; 以符号 BlockHeader 表示指向头结点的指针。并简称“Block 所指向的结点”为“Block 结点”。算法中提到的“结点的位置系数”是 Block 结点结构中的一项, 若某两个梯形域在梯形域本身的方向上(每个块本身都有一个方向)共线, 就说它们的位置系数相同, 如图 4 中标记为 a, b 的两个域。

第 1 步 Block = BlockHeader;

第 2 步 判断 Block 结点的类型, 若为横线, 以此结点的两端点生成直线, 否则, 查找 G_k 中还有无此类型的结点, 有, 转第 4 步。

第 3 步 分别向上、下搜索并处理 Block 结点的上、下邻域, 根据 Block 结点的上、下邻接关系及此结点结构所包含的高度, 确定 Block 结点的直线的生成(若 Block 结点已包含直线, 则修改此直线), 转第 6 步。

第 4 步 逐一判断 G_k 中其它与 Block 结点同类型的结点的位置系数是否与 Block 结点的位置系数相同。若没有此性质的结点, 转第 3 步。若有, 标记第一个有此性质的结点。

第 5 步 根据 Block 结点的上邻域及 Block 结点结构所包含的高度, 先确定将要生成(或修改)的直线的始点; 若 Block 结点包含直线, 再根据第 4 步中标记的结点, 修改此直线。若 Block 结点不包含直线, 根据第 4 步中标记的结点, 确定将要生成的直线的终点; 最后生成直线。见图 4 下图整体条块图中标有 a 和 b 的结点。

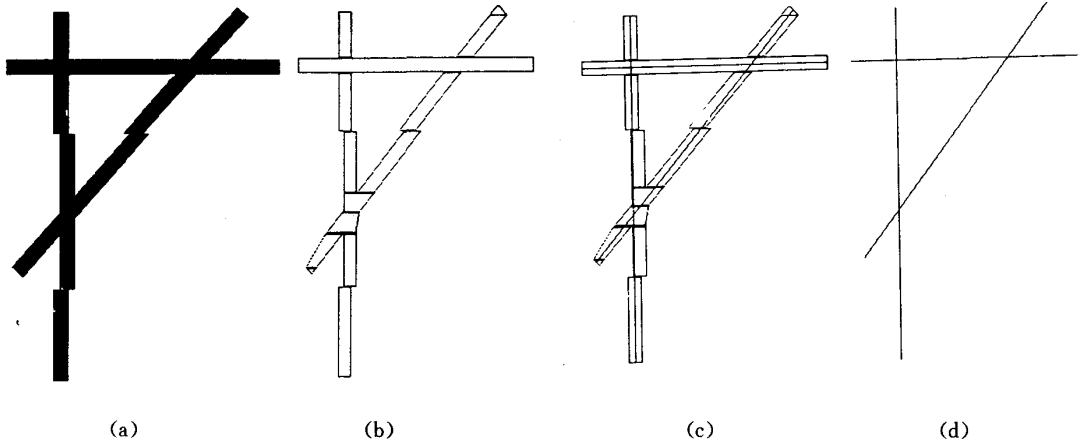
第 6 步 在 G_k 中标记已处理的 Block 结点, 并标记整体条块图 G 中和 Block 结点对应的结点; Block 指向以 G_k 结点的生成顺序生成的 Block 结点的下一个结点。

第 7 步 Block 为空? 是, 结束, 否, 转第 2 步。

5 实验结果

本文提出的算法在 Pentium Pro 微机上, 用 BC++5.01 编程实现, 算法简单, 速度快, 效果较佳, 特别是不必对线交叉处单独进行处理, 但效果明显。上述算法不仅能识别直线段, 而且用折线逼近的方法也能识别圆、弧等曲线。识别结果如图 3、图 5 和图 6 所示。另外, 若在用扫描仪扫描过程中, 由于操作等原因使图的线条发生了变化, 若线条的变化幅

度小于所在线的线宽,本算法也能正确处理和识别,如图5所示。



(a)线宽相同的原图象;(b)本文所述的条块化算法生成的整体条块图;(c)识别算法在整体基础上生成的直线, E=4, SIZE=100,此时是识别出的直线和条块图共存的情形;(d)为识别的结果。

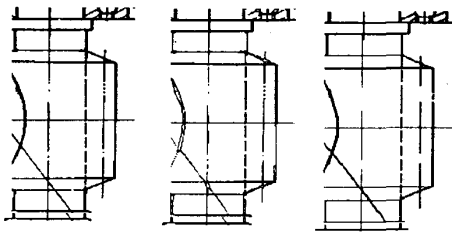
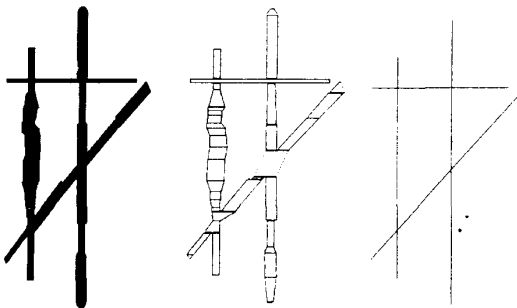


图5

参考文献

- 1 Naccche and Singhal, SPTA. A Proposed Algorithm for Thinning Binary Patterns. *IEEE Trans. Syst. Man Cybernet.*, 1984,14(3): 409~418.
- 2 Dacies E R, Plummer A P N. Thinning Algorithms; A Critique and a new Methodology. *Pattern Recognition.*, 1981,14: 53~63.
- 3 Joseph, S H Pridmord and Knowledge-Directed Interpretation of Mechanical Engineering Drawings. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, 1992,14(9): 928~941.
- 4 霍宇翔,丁宇,陈耘等. 细化畸变节点形态分析及修正策略研究. *计算机辅助设计与图形学学报*,1997,9(2): 500~505.
- 5 Han, C-C et al. Skeleton Generation of engineering Drawings via Contour. *Pattern Recognition*, 1994,27: 261~275.
- 6 Dori, D et al. Sparse-pixel recognition of primitives in engineering drawings. *Computer Vision and Applications*, 1993, 6:69~82
- 7 Pavlidis T. A Vectorizer and Feature Extractor for Document Recognition. *Computer Vision. Graphics and Image processing*, 1986,35: 111~127.
- 8 Bley H. Segmentation and Preprocessing of Electrical Schematics Using Picture Graphs. *Computer Vision. Graphics and Image processing*, 1994,28:271~288.
- 9 周辉. 扫描工程图纸识别输入处理与联机手绘图形输入技术研究[博士学位论文]. 大连理工大学,1998. 3.



上图:左为原图;中为该算法生成的整体条块图,此时 E=3, SIZE=80;右为该识别算法除噪后识别了三种不同线宽直线并分别进行线宽恢复,最后合并的结果。

下图:左为具有不规则线宽的原图;中为该算法生成的整体条块图,此时 E=7, SISE=120;右为没有恢复原图线条线宽信息的识别结果(在此例中,本算法实施了粗细线分别识别,由于原图线条线宽信息不规则,最后把所有识别后的线条都变为单象素宽)。

图6



王金鹤 博士生,1993年毕业于吉林工业大学,获硕士学位。现在大连理工大学攻读博士学位,主要研究方向计算机图形图像处理及识别、多媒体数据库等。



欧宗瑛 (见本期第 898 页)

夏晓东 高级工程师,海信集团副总裁,兼海信集团技术中心主任,主要研究方向计算机软、硬件,计算机应用等。

A Global Algorithm for Recognition of Lines in Scanned Engineering Drawings

Wang Jinhe, Ou Zongying

(CG&CAD Center, Dalian University of Technology, 116024)

Xia Xiaodong

(Technical Center, Hisense Group, Qingdao, 266071)

Abstract A new global approach for the recognition of lines in scanned engineering drawings is proposed in this paper. This method can not only obtain the crucial points placed in line contour but also analyze and process these points. It shows good effects on cross areas without dealing with interaction areas after recognition. The algorithm detects widths of lines in scanned engineering drawings first, and then extracts trapezoid black blocks and converts the image of scanned engineering drawings into several trapezoid block adjacent graphs which are composed by the trapezoid black blocks based on the different line widths in drawing image, and then generate and recognizes lines based on the different graphs receptively. The results demonstrates the effectiveness of this method, especially at the interaction points.

Keywords Binary image, Raster-To-Block, Image recognition

扩充版面 增设栏目 提高时效
欢迎订阅《计算机研究与发展》

《计算机研究与发展》由中国科学院主管、中国科学院计算技术研究所和中国计算机学会联合主办,创刊于 1958 年。主要报道我国计算机科学技术领域的最新科研成果。读者对象为各行业、各部门从事计算机研究与开发的研究、工程技术人员,大专院校计算机专业及相关专业的师生和研究生。《计算机研究与发展》为我国计算机类核心期刊、博士点评估用“中文重要期刊”、美国工程信息公司(EI)的 Ei page One 数据库收录期刊以及国内外多种著名检索刊的收录的期刊,发行量在同类学术期刊中名列前茅。《计算机研究与发展》从 1999 年起改为大 16 开本,由 96 页增加到 128 页,大大提高了文章的时效性。在不失学术水平的前提下,开设了引人入胜的新栏目,从内容到形式更加清新、活泼。《计算机研究与发展》为月刊,1999 年每期定价 18 元,全年 216 元。邮发代号:2-654,全国各地邮局均可订阅。若漏订可直接到编辑部购买。编辑部地址:100080 北京 2704 信箱 19 分箱;电话(010) 62620696