

## 基于图像的工程图视图分离

潘华伟<sup>1</sup>, 邹北骥<sup>2</sup>, 李 莉<sup>3</sup>, 朱 理<sup>1</sup>

(1. 湖南大学计算机与通信学院, 长沙 410082; 2. 中南大学信息科学与工程学院, 长沙 410083;

3. 湖南大学机械与汽车工程学院, 长沙 410082)

**摘 要:** 视图分离是工程图三维重建的关键步骤之一。该文提出了一种新的工程图视图分离方法, 通过将二维视图中的图元转换为图像, 利用图像域中离散像素点的连贯性, 快速稳定地在图像域中找到视图轮廓和轮廓的最小包围矩形, 达到分离视图的目的, 然后在图形域中精确确定视图最小包围矩形。该方法的分离过程与视图中心图元组合复杂性无关, 并能自动分离任意视图数目的工程图。

**关键词:** 工程图理解; 视图分离; 图像处理; 视图轮廓; 三维重建

## Orthographic Views Separation from Engineering Drawing Based on Image

PAN Hua-wei<sup>1</sup>, ZOU Bei-ji<sup>2</sup>, LI Li<sup>3</sup>, ZHU Li<sup>1</sup>

(1. School of Computer and Communication, Hunan Univ., Changsha 410082; 2. School of Information Science and Engineering, Central South Univ., Changsha 410083; 3. College of Mechanical and Automotive Engineering, Hunan Univ., Changsha 410082)

**【Abstract】** View separation is one of the important steps in 3D reconstruction of engineering drawing. This paper proposes a new method aiming at separating views by scan-converting all the primitives into an image, and then utilizes the continuity of the dispersal pixel in image to find the outline and the approximate minimum bounding rectangle (MBR) of each view efficiently. The precise MBR of each view is computed in graphics. Compared with other existing methods, the advantage of this method is regardless of how complex the combination of primitives and can automatically separate free numbers of orthographic views from a drawing.

**【Key words】** interpretation of engineering drawing; orthographic views separation; image processing; view outline; 3D reconstruction

### 1 概述

从二维工程图中提取视图, 并重建三维实体的研究工作从 20 世纪 70 年代就已经开始, 很多学者针对工程图三维重建<sup>[1~7]</sup>做了大量的工作, 进行了广泛研究, 取得了很大的进展, 一些著名的大型系统软件实现了工程图三维重建模块, 如 Pro-E、SolidWorks 等 CAD 软件提供了工程图与相应三维模型全相关的方法, 修改图纸时三维模型会及时自动更新, 但这些系统侧重于人机交互, 且交互工作量大, 另外曲面、曲面的三维重建, 特别是圆锥曲面、自由曲面的三维重建工作基本没有较大突破。因此, 目前工程图的三维重建工作仍然处于研究阶段, 已有的研究成果还远未达到自动重建的要求。

工程图是二维平面图, 由于工程图设计人员的学习经历不同, 各人对零部件的理解和对零部件的投影摆放方式有所不同, 因此设计出来的二维工程图上的视图个数也因人而异。工程图可分为一视图、二视图、三视图和多视图。视图间图元的对应投影关系决定了三维实体的初始拓扑结构, 区分视图是工程图重建三维实体的基础, 因此, 视图分离是工程图三维重建工作中的一个主要组成部分。目前在工程图的分离中, 很多只是针对低于 3 个视图的分离, 应用于普遍意义的视图分离方法还不多见。

视图分离方法较为成熟的是传统的角度判别法。传统的角度判别法根据极大邻边法<sup>[4]</sup>求出各个视图的外部轮廓线, 然后搜索位于每一轮廓内的二维实体<sup>[5]</sup>。角度判别法主要用于构造封闭环路, 该方法的基本步骤是: 将视图中的曲线按

照 x(或 y) 坐标值增大的顺序排列; 在未分离的曲线中选择 x(或 y) 值最大曲线; 将已选择的曲线作为跟踪的起点, 选择在当前遍历方向下与所选曲线具有最大角度的边作为下一条边, 这样重复下去直至回到初始边。最后生成一个二维环, 环中的曲线是某个视图的边界; 收集所有位于该环内的曲线, 分离出一个视图, 将这些曲线从输入工程图中删除; 如果输入数据中还包含其他曲线, 则重新在剩余的未分离的曲线中选择 x(或 y) 值最大曲线, 继续查找二维环。

但在角度判别法中如果曲线的遍历方向选择不正确, 生成的二维环就可能不是视图的边界环, 因此, You<sup>[5]</sup>采取必须生成所有经过初始边的二维环的策略, 从中选择最大环, 但当视图的轮廓比较复杂时, 就会大大降低算法的效率。

另外, 在三视图分离方法中, 还有基于“种子点”的分离法<sup>[8]</sup>和坐标轴分离法<sup>[8]</sup>及包围盒分离法<sup>[9]</sup>。基于“种子点”的分离法需要人工指定种子点; 坐标轴分离法在理想的三视图或少于三视图的情况下分离效果较好, 但不能在复杂多变的工程图中应用。包围盒分离法<sup>[9]</sup>在一些情况下, 如视图间包围盒发生重叠现象时不能正确分离视图。

针对这些问题, 文中引入图像处理方法, 提出一种基于

**基金项目:** 国家“973”计划基金资助项目(2004CB719404)

**作者简介:** 潘华伟(1972 - ), 男, 博士研究生, 主研方向: 图形图像, 虚拟现实; 邹北骥, 教授、博士后、博士生导师; 李 莉, 博士、讲师; 朱 理, 副教授

**收稿日期:** 2006-09-25 **E-mail:** hw\_pan@163.com

图像的视图分离方法,很好地解决了视图分离的问题,找到各视图轮廓,做到准确分离具有任意视图数目的工程图,有较强抗干扰性。

## 2 基于图像的视图分离方法

基于图像的视图分离方法传统的角度判别法不同,角度判别法在图形域中进行,本文提出方法的视图分离工作在图像域中进行。对于较为复杂的视图分离,角度判别法会出现:遍历方向选择不正确,产生二维环过多和生成的二维环可能不是视图的边界环等情况。文中提出的基于图像的视图分离方法充分利用了图像域中像素点的离散性和轮廓的连续性,很好地解决了这些问题,在基于图像的处理方法中,首先把需要参加分离的所有图元通过扫描转换生成为图像,然后在图像域中查找封闭的轮廓线。算法主要步骤如下:

(1)采用扫描转换算法,将图元扫描转换为图像。

对于工程图中的一个视图,它的轮廓是闭合的,即是有边界的。当全部图元扫描转换为图像后,视图轮廓仍然是闭合的。一般工程图经过比例缩放,能在 A0~A4 大小的工程图纸上打印,文中将工程图图纸区域的大小设定为图像的长宽,即采用 mm 作为图像单位像素。

把所有图元扫描转换为图像,采用 256 级灰度图。设轮廓像素点颜色为  $I_p$ ,背景色为  $I_b$ ,图元转换前后位置的最大误差是 0.5 个像素点。

(2)在图像域中,查找视图闭环。

为了能循环查找目标像素点周边的 8 个像素点,引入矢量方向  $v(x, y)$ ,矢量方向以目标像素点为中心指向周边 8 个像素点。按逆时针分别是  $v(1, 0), v(1, 1), v(0, 1), v(-1, 1), v(-1, 0), v(-1, -1), v(0, -1), v(1, -1)$ , 相邻矢量方向间夹角为  $\pi/4$ 。

定义方程组如下,表示 8 个矢量方向,

$$\begin{cases} x = \text{int}(n \cdot \cos \theta) \\ y = \text{int}(n \cdot \sin \theta) \end{cases}$$

其中,  $n$  为常数,  $n \in (\sqrt{2}, 2)$ ,  $\theta$  为矢量与  $x$  轴正向夹角,  $\theta \in [0, 2\pi)$ 。

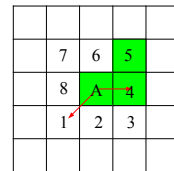
初始设定  $\theta = 0$ , 增量  $\text{delta} = \pi/4$ , 由  $\theta = \theta + \text{delta}$  可循环求得 8 个矢量方向, 若  $\theta \geq 2\pi$ , 则  $\theta = \theta - 2\pi$ 。

另外建立一个链表  $L$ , 用来存储视图轮廓像素点的坐标。每个结点包含 2 个子项:(1)存储当前像素点坐标;(2)指向下一个结点的指针。

```
struct VOutL
{
    Point2D Pnt;
    VOutL *next;
} VOutL;
```

设图像大小为  $w \times h$  (列  $\times$  行), 从图像左下角开始查找像素点, 按行查询, 直到右上角, 查找整个图像区域。如图 1, 若查找到坐标  $(i, j)$  位置的像素点 A 的颜色为  $I_p$ , 则将此点记为目标点且置为背景色  $I_b$ , 此时  $\theta = 0$ , 初始查询方向为  $v(1, 0)$ , 方向向右。 $\theta + \pi$  是路径移动的反方向, 指向前一个已查找到的轮廓像素点。初始被查到的图元像素点的反方向是  $\pi$ , 以后是指向前一个被找到的像素点, 从前一个被找到的像素点开始按逆时针查找此目标点的 8 邻域。因为周边 8 个像素点中有一个是前一次找到的像素点, 并且已经置为背景色, 所以下一步查找新的轮廓像素点从  $\theta = \theta + 5\pi/4$  开始, 最多需查

找 7 次。若在 8 邻域内找到另一个轮廓像素点, 将目标点移至此点, 则当前位置为  $(i + x, j + y)$ , 完成一次查询, 接着继续按以上过程查询, 最后回到初始像素点  $(i, j)$  处, 完成了一次视图轮廓的查询, 获得一个闭合区域, 此闭合区域为一个视图的轮廓。在查询过程中, 将每一个查询点位置记录到链表  $L$  中, 完成一次视图轮廓查询, 链表也就形成一个首尾相连的链表。将轮廓内所有像素点的亮度值为  $I_p$  的置为背景色。此过程采用递归算法, 同时记录轮廓链表  $L$ , 即查询路径的最小包围矩形的左下角和右上角位置。



从像素点  $(i, j)$  处继续循环, 查找亮

度值为  $I_p$  的像素点, 若找到, 重复(2)。**图 1 视图闭环的查找**

(3)在图形域中, 将图元归入各视图闭环。

在图像域中, 找到的视图区域是图形域的近似包围矩形, 精度误差是 0.5 个像素点, 还须把图元加入视图区域。只须把图像域中找到的视图区域的最小包围矩形向四周扩大 0.5 个像素点, 然后将图形域下的图元按图元端点归入各个视图。如果归入的图元中只有直线且直线个数少于 3 个, 则视为无效视图, 删除此视图区域。

当 2 个或多个视图闭环间的最小包围矩形有重叠时, 就需要使用视图轮廓链表来获取对应图元。对每一个图元端点坐标  $(x', y')$  取整, 取整后为  $(X', Y') = (\text{int}(x' + 0.5), \text{int}(y' + 0.5))$ 。设通过点  $(X', Y')$  的水平线为  $H(Y) = Y'$ , 轮廓链表代表的曲线为  $L(X, Y)$ , 给定一个容忍误差  $Rtolar = 0.5$ 。

遍历轮廓链表, 当  $H(Y)$  与  $L(X, Y)$  有 1 个交点  $X = \{X | X \text{ 满足 } L(X, Y) = H(Y)\}$ , 若  $X' \in [X - Rtolar, X + Rtolar]$ , 将当前图元归入视图; 当  $H(Y)$  与  $L(X, Y)$  有 2 个以上交点, 取  $X_{\max} = \max\{X | X \text{ 满足 } L(X, Y) = H(Y)\}$ ,  $X_{\min} = \min\{X | X \text{ 满足 } L(X, Y) = H(Y)\}$ , 若  $X' \in [X_{\min} - Rtolar, X_{\max} + Rtolar]$ , 将当前图元加入归入视图。

至此, 各视图图元的分离完成。

(4)精确求解各视图最小包围矩形。

由于图像域中求出的视图区域是近似值, 因此在图元归入各个视图后, 可精确求取各视图区域的最小包围矩形的精确值, 方法是求取视图区域中每一个图元的最小包围矩形, 然后合并, 最后可精确求出此视图区域的最小包围矩形。

对于视图分类, 采用“长对正, 宽平齐, 高相等”原则自动判断一视图、二视图、三视图和多视图中的前视图、侧视图和俯视图。其他视图根据各视图区域上方或下方某一定范围内查找字符图元, 可确定该视图名称。

## 3 实验结果

算法输入的二维工程图信息是由 AutoCAD 生成的 dxf 文件, 首先从输入数据中将一些图元过滤, 分离图框、文字、及尺寸标注等, 提取三维重建所需的几何图元信息, 然后利用第 2 节提出的方法分离视图。先在图形域中将图框与视图分离, 实现包括 A4, A3, A2, A1, A0 号工程图纸的分离。同时把与图框相关联区域的图元分离, 即外框、内框以及与内框相关联的信息区域, 如左上角、右下角、右下角或下面信息区域, 最后留下视图区域的图元, 并把内框左下角作为坐标原点。

下面给出运用基于图像的分离方法实现多视图分离识别的例子, 大于 3 个视图的例子如图 2 所示。

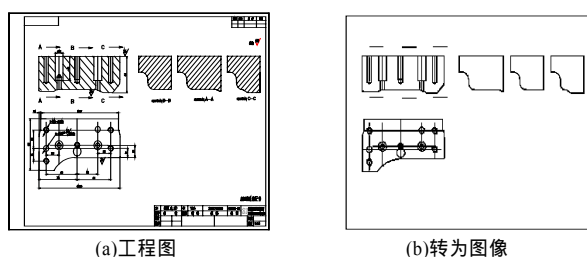


图2 多视图原始图与视图图元图像

分离过程如图3所示。

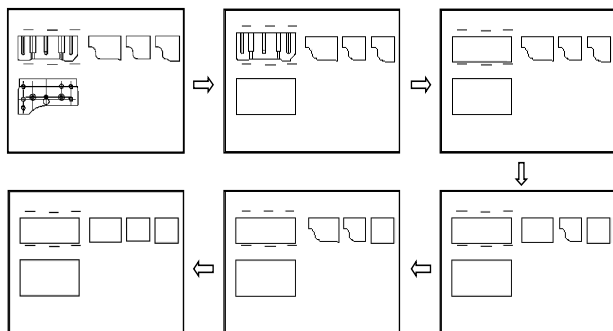


图3 多视图分离过程

在工程图在图像域中把视图分离后,如果某个视图中只有直线图元且图元少于3个,则此视图为无效视图并删除,如剖视符号、箭头符号等。

#### 4 与传统方法的分析比较

本文提出的基于图像的视图分离方法,是在图像域中对视图进行分离,与传统的在图形域中对视图进行分离方法比较,有如下特点:

- (1)与图元复杂度无关。常用的直线、圆、圆弧、椭圆、椭圆弧等圆锥曲线,Bezier、B样条曲线等自由曲线,均可转换为图像,可免去图形域中图元间的求交运算。
- (2)避免查找环。在图形域中,传统最大角度法求取视图区域需要求出所有经过初始边的二维环,从中选择最大环。在图像域中采用图像处理方式,只与像素点值有关,方便查询边界轮廓,而与轮廓内部像素点无关。
- (3)在图像域中视图分离可靠性高。在图形域中,如果相邻图元端点相连有较大误差,通过传统的最大角度法可能不会组成封闭环,而找不到正确的视图。本文的视图分离方法中,在图像域中

允许有0.5个像素点级的误差。当遇到特殊情况,如视图间最小包围矩形有重叠现象,采用文献[9]的方法则不能正确分离。由于本文在图像域中提取了视图的轮廓,可通过视图轮廓范围决定图元的归属,因此能够正确处理这些特殊情况。

#### 5 结束语

前人提出的算法基本是在图形域中进行视图分离,本文提出了利用图像处理的方法进行视图分离是一个新的且有效的方法。大量的实验证明,这种视图分离方法是稳定可靠的,由于在图像域中进行视图分离,其稳定性与视图内图元的复杂性无关,因此利用图像域中轮廓像素点的连续性,能有效分离圆锥曲线、自由曲线等任意曲线轮廓。另外,由于获取了视图轮廓,解决了传统方法获取视图轮廓不稳定的问题,并给后续工作提供了参考。基于图像的视图分离方法能识别一视图、二视图、三视图和多视图情况,因此,基于图像的视图分离方法为多视图的三维重建工作建立了一个坚实的基础,使工程图三维重建工作实用化成为可能。

#### 参考文献

- 1 Idesawa M. A System to Generate a Solid Figure from a Three View [J]. Bull. Jap. Soc. Mech. Eng., 1973, 16(92): 216-225.
- 2 Aldefeld B, Richter H. Semiautomatic Three 2d/2 Mensional Interpretation of Line Draws[J]. Computer & Graphics, 1984, 8(4): 371.
- 3 Chen Z, Peng D. Automatic Reconstruction of 3D Solid Objects from 2D Orthographic Views[J]. Pattern Recognition, 1988, 21(5): 439.
- 4 Gujar U G, Nagendra I V. Construction of 3D Solid Objects from Orthographic Views[J]. Computer & Graphics, 1989, 13(4): 505-521.
- 5 Chun-Fong Y, Shin-Shing Y. Reconstruction of Curvilinear Manifold Objects from Orthographic Views[J]. Computer & Graphics, 1996, 20(2): 275-293.
- 6 Liu Shixia, Hu Shimin, Chen Yujian, et al. Reconstruction of Curved Solids from Engineering Drawings[J]. Computer-Aided Design, 2001, 33(14): 1059-1072.
- 7 Wang Zhe, Latif M. Reconstruction of a 3D Solid Model from Orthographic Projections[C]//Proc. of International Conference on Geometric Modeling and Graphics. 2003.
- 8 刘世霞. 基于三视图的曲面体重建技术的研究[D]. 北京: 清华大学, 2002.
- 9 李晋芳, 施法中. 从二维视图到三维几何模型转换中视图的包围盒分离法[J]. 计算机工程, 2004, 30(6): 139-141.

(上接第255页)

识产权的产品有效手段。随着软件行业自由软件运动的开展,能够采用其它开源项目的成果实现MHP规范,本身对于软件开源项目的成功是一种肯定,反过来,采用开放式的解决方案实现MHP,使得根据MHP实现的中间件软件摆脱商业版税的限制,也是对开源化软件的一种推动。

目前,本文所描述的解决方案已经在一款基于IBM板子的数字电视机顶盒的硬件环境上得到了应用,并且该应用项目获得了国家发改委产业化项目的支持。基于该解决方案的操作系统和图形系统,已经成功建立了Java运行环境,并在此基础上开发了MHP规范要求的浏览器、Xlet应用运行环境以及简单的应用管理器,完成了MHP基本框架的搭建。下一步的研究将以MHP规范中定义的数字电视应用接口实现为重点,探究MHP之上的交互式应用及其开发方法等。

#### 参考文献

- 1 杨楠. 浅论MHP及在中国的实现[J]. 广播电视网络技术, 2002, (5).
- 2 廖洪涛. 数字电视交互系统-中间件[M]. 北京: 中国广播电视出版社, 2005-01.
- 3 Ts101812.v1.3.1-2003. Multimedia Home Platform (MHP) Specification 1.0.3[Z]. European Broadcasting Union, 2003-06.
- 4 GBXXX. 数字电视接收设备中间件功能性能规范(报批稿)[Z]. 国家质量技术监督局, 2002-06-22.
- 5 Euchner J. A Proposal for a Transparent, Open and Royalty-free Implementation of a Multimedia-Home-Platform(MHP) and Some Suggestions on How to Achieve It[Z]. (2000-05). [http://www.prz.tu-berlin.de/~joe/awtsvga/mhp\\_opensource\\_implementation\\_new.html](http://www.prz.tu-berlin.de/~joe/awtsvga/mhp_opensource_implementation_new.html).