

基于中点法的复杂图形轮廓信息自组织算法研究

林小夏 张树有

(浙江大学 CAD&CG 国家重点实验室, 杭州 310027)

摘要 为提高图形轮廓信息获取效率和克服现有方法需角度判别、计算量大等问题,提出了一种基于中点判别法的视图轮廓信息获取方法。该方法首先将各候选路径按照象限进行分区,并通过直接比较坐标值来快速排除一部分候选路径;然后将难以判别的候选路径,通过中点判别法来确定候选路径走向。由于中点判别法只需进行移位和加减运算,并避免了复杂的角度计算和求交运算,因而计算效率高。该方法特别适用于复杂工程图轮廓信息的自组织。试验结果表明,该算法不仅速度快,且稳定可靠。

关键词 轮廓信息 中点判别法 候选路径 路径走向

中图法分类号:TP391.72 文献标识码:A 文章编号:1006-8961(2008)03-0541-06

The Algorithm of Automatic Organization of Complex View Outline Information Based on Midpoint Method

LIN Xiao-xia, ZHANG Shu-you

(State Key Laboratory of CAD&CG, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract The information of view outline is one of the important issues in computer Graphics. It plays an important role in automatic partitioning of engineering drawings, assembly diagram processing and dimension arrangement. Lots of experts have proposed many methods to these issues. To improve the efficiency of acquisition of view outline information and solve the problem of existing methods which require angle discriminance and much calculation, this paper puts forward automatically acquires the information of view outline based on midpoint method. At first, this method sorts the candidate path according to the quadrant of coordinate system, and then fleetly eliminates some candidate path by directly comparing their coordinate values. Thirdly, according to the midpoint method, the candidate path which was distinguished arduously can be determined finally. The midpoint method only includes shift and subtraction calculation, avoids complex angle calculation and nodical acquisition calculation, so the efficiency of this method can be improved. This method is applicable in automatic organization of complex view outline information. The result of test indicates that this method is a simple, highly efficient and reliable algorithm.

Keywords information of view outline, midpoint method, candidate path, trend of path

1 引言

视图轮廓信息是指在某一视线方向上,空间几何体可见的最大边界信息。该信息在装配图零件间的遮挡处理、剖面区域轮廓提取、零件视图划分及尺

寸标注区域搜索等产品设计信息处理中起着重要作用。国内外大量专家学者在这问题上均进行了深入研究^[1-6]。

现有的视图轮廓信息获取方法,归结起来主要有以下几种算法:

(1) 基于角度的判别法 该方法在沿视图轮

基金项目:高等学校博士点科研基金项目(20040335060);国家“863”高技术研究发展计划项目(2006AA04Z114)

收稿日期:2006-04-15; 改回日期:2006-09-26

第一作者简介:林小夏(1982~),男,现为浙江大学工程及计算机图形学研究所硕士研究生。主要研究方向为计算机图形学、计算机辅助设计。E-mail: mo5linxiaxia@zju.edu.cn

廓跟踪时,是通过有效交点来求得轮廓的有效边。当跟踪到图形多路径分支点时,视图轮廓下一条边的走向则通过各边与当前路径的角度大小来进行判别。如图1所示,当前路径是 AB ,下一路径有3条,分别是 BC 、 BD 、 BG ,很明显 $\angle ABC$,即 $\angle 1$ 最小, BC 即为下一路径走向。但该方法需要计算所有候选路径的角度,且当多段曲线在分支点相切时,由于其切矢量相同,即角度值相同,因此无法通过角度大小来比较路径走向,需进一步进行处理。

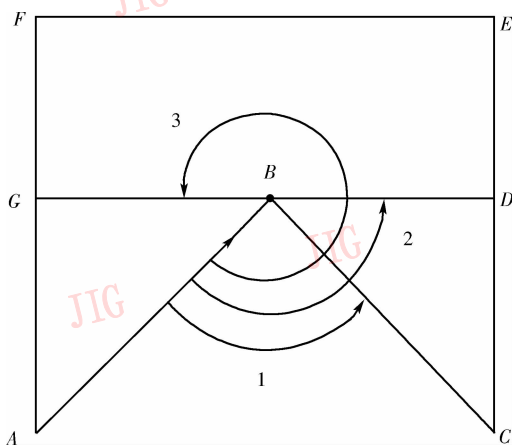


图1 角度判别法

Fig.1 Angle discriminace

(2)基于矢量积的视图信息提取方法^[3] 该方法首先要把与各条路径(如图2所示)对应的向量归一化,即 $|\mathbf{n}_0| = |\mathbf{n}_i| = 1, (i = 1, 2, 3, \dots)$,于是当前路径与候选路径所对应的向量的矢量积为 $|\mathbf{n}_0| \times |\mathbf{n}_i| = |\mathbf{n}_0| \cdot |\mathbf{n}_i| \cdot \sin\theta = \sin\theta$,这样就将角度大小的比较转化为向量积的比较。由于该方法需要进行归一化处理 and 进行叉积运算,因此需要进行多次的乘除运算。

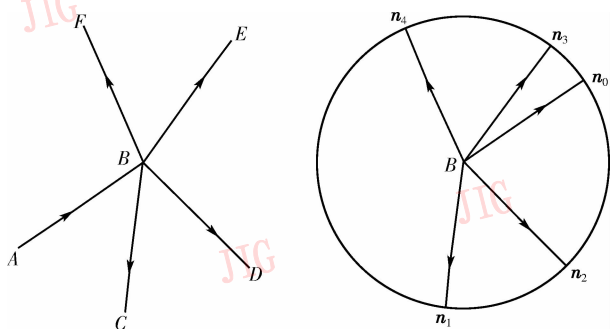


图2 交叉点处各候选路径

Fig.2 Candidate path of poin of intersection

(3)基于拓扑映射的视图信息获取法^[4] 该方法首先根据拓扑映射原理(如图3所示),将以分支点 B 为圆心的圆周分成两半,这两个半圆周分别与两根射影直线 l_1 、 l_2 呈拓扑对应,同时各路径与圆的交点在射影直线上可得到映射;然后即可通过判别各路径与 l_1 、 l_2 的交点 T_n 的横坐标的大小关系来获取下一路径的走向。由于该算法是先要求出各路径与 l_1 、 l_2 的交点 T_n 的横坐标,因此需要进行求交运算。

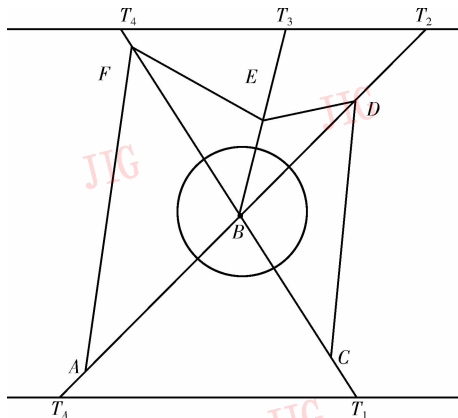


图3 拓扑映射法

Fig.3 Topological Mapping

由以上分析可以看出,视图轮廓信息获取中最关键的问题是如何判别视图轮廓多路径分支处路径的走向。但由于现有的视图轮廓信息获取方法都存在着角度的计算与复杂的乘除运算,因此,如何将角度计算和复杂的乘除运算转化为更为简单的运算,是解决该问题的关键。为此,本文提出了一种基于中点判别法的视图轮廓信息自组织方法,而中点法则可以将求线段的中点转化为加法和移位运算来实现,由于该方法不但避免了角度计算,而且还避免了求交运算(乘除运算),因此可有效地提高判别效率。

2 中点判别法求取多路径分支处轮廓走向的基本原理

图形轮廓多路径分支处的下一路径走向判别,本质上是判别轮廓的下一路径与当前路径之间角度大小的问题,其表现在直角坐标系上也就是判别候选路径的斜率 k_n 的大小问题。如图4所示, AB 为当前路径,设点 A 的坐标为 (x_A, y_A) ,点 B 的坐标为 $(0, 0)$ 。为便于叙述,不妨假设候选路径

都落在第 I 象限(候选路径在其他象限时,判别原理是一样的)。

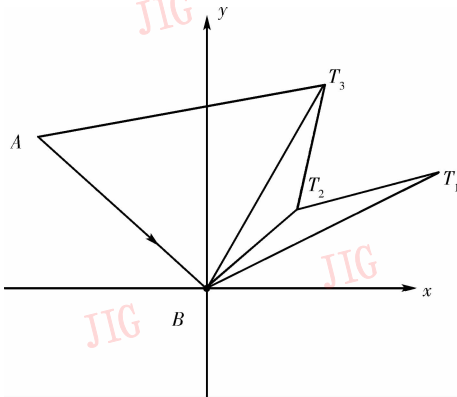


图 4 候选路径在同一象限

Fig. 4 Candidate path in the same quadrant

候选路径 BT_n 的斜率为

$$k_n = \frac{y_n}{x_n} \quad (x_n > 0, y_n > 0),$$

候选路径分以下 3 种情况:

情况 1:

$$\begin{aligned} \text{如果} \quad & y_i < y_j \\ & x_i > x_j \end{aligned}$$

(如图 4 所示的候选路径 BT_1 和 BT_3)

则 $\frac{y_i}{x_i} < \frac{y_j}{x_j}$

即 $k_i < k_j$

此时, 候选路径 BT_i 的优先级高于候选路径 BT_j , 即可排除候选路径 BT_j (如图 4 所示, 把候选路径 BT_3 排除, 剩下 BT_1 和 BT_2);

情况 2:

$$\begin{aligned} \text{如果} \quad & y_i > y_j \\ & x_i < x_j \end{aligned}$$

则把下标对调, 就是情况 1;

情况 3:

$$\begin{aligned} \text{如果} \quad & y_i > y_j \\ & x_i > x_j \end{aligned}$$

(如图 4 所示的候选路径 BT_1 和 BT_2)

这时候, 不能直接判断 k_i 与 k_j 的大小, 为此, 可以以短路径的一端点 T_j 为坐标原点建立新坐标系 $(\hat{x}T_j\hat{y})$ (如图 5 所示), 则点 B 的坐标为 (\hat{x}_B, \hat{y}_B) , 点 T_i 的坐标为 $(\hat{x}_{T_i}, \hat{y}_{T_i})$, 判别 k_i 与 k_j 大小的步骤如下:

(1) 求候选路径 BT_i 的中点 M ,

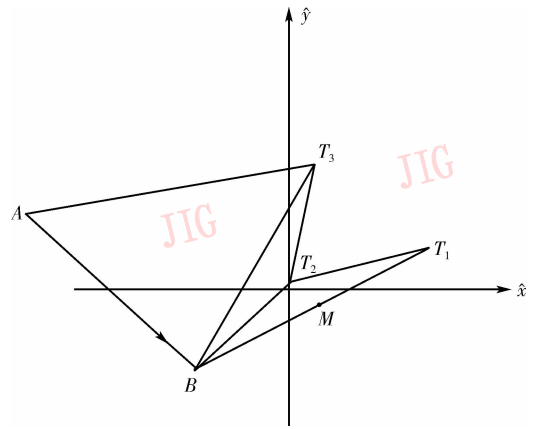


图 5 坐标原点移到 T_2

Fig. 5 Coordinate origin move to T_2

$$\hat{x}_M = \frac{\hat{x}_B + \hat{x}_{T_1}}{2}$$

$$\hat{y}_M = \frac{\hat{y}_B + \hat{y}_{T_1}}{2}$$

(2) 如果中点 M 与点 B 处于同一象限, 则将中点 M 的坐标值 (\hat{x}_M, \hat{y}_M) 赋给点 B , 即

$$\begin{aligned} \hat{x}_B &= \hat{x}_M \\ \hat{y}_B &= \hat{y}_M \end{aligned}$$

重复步骤 (1);

如果中点 M 与点 T_i 处于同一象限, 则将中点 M 的坐标值 (\hat{x}_M, \hat{y}_M) 赋给点 T_i , 即

$$\begin{aligned} \hat{x}_{T_i} &= \hat{x}_M \\ \hat{y}_{T_i} &= \hat{y}_M \end{aligned}$$

重复步骤 (1);

如果中点 M 落在第 II 象限, 由于此时 BT_j 在第 III 象限, 则候选路径 BT_i 的斜率

$$k_i > k_j$$

(k_j 为候选路径 BT_j 的斜率),

如果中点 M 落在第 IV 象限, 则由于此时 BT_j 在第 III 象限, 因此候选路径 BT_i 的斜率

$$k_i < k_j$$

(k_j 为候选路径 BT_j 的斜率)。

因此, 可通过反复判断 BT_i 的中点所在的象限来判别候选路径斜率的大小, 并确定候选路径的走向。

表 1 给出了各个象限候选路径优先级的判别, 由表 1 知, 当候选路径处在同一象限内, 则其候选路径的优先级的判别是一样的。

表 1 在各个象限候选路径优先级的判别
Tab. 1 Discriminance of PRI of Candidate path

候选路径所在象限	k_i, k_j 比较	候选路径 BT_i 的优先级	候选路径 BT_j 的优先级
第 I 象限	$k_i < k_j$	优先级高	优先级低
第 II 象限	$k_i < k_j$	优先级高	优先级低
第 III 象限	$k_i < k_j$	优先级高	优先级低
第 IV 象限	$k_i < k_j$	优先级高	优先级低

注:视图轮廓线的走向按逆时针方向。

3 相切多圆弧、曲线路径的走向判别

当圆弧、曲线路径在分支点处不相切时,即它们的切线不会重合,则可通过相应的切线走向,按中点判别法进行判别。

当多条候选圆弧路径在分支处相切时,则相切的候选路径的切线重合,此时优先路径走向无法通过其切线走向来确定(如图 6 所示)。

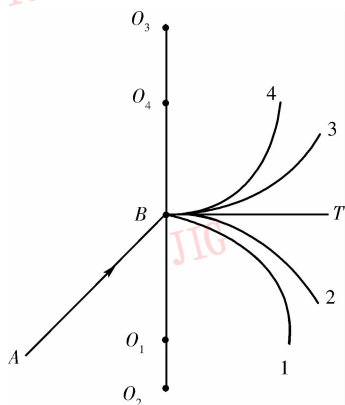


图 6 相切多圆弧(曲线)路径

Fig. 6 Tangent paths of curve

设过分支点 B 的候选路径中有 n 条圆弧(曲线) C_i ($i=1, 2, 3, \dots$) 相切, 其对应的圆心为 O_i 及半径为 R_i 。若以切线 TB 和当前路径 AB 为界, 则这些相切的圆弧(曲线)被分成两类, 其中一类在 TB 和 AB 内侧, 而另一类则处于外侧。连接 BO_i , 并以 AB 为当前路径, 以 BO_i 为候选路径, 然后运用中点判别法求取多路径分支处轮廓走向的算法就可以把其中的一类圆弧(曲线)排除掉, 最后在同一侧的圆弧(曲线)根据半径 R_i 的大小, 即可把最终的候选圆弧(曲线)判别出来。算法的步骤如下:

(1) 运用中点判别法求取多路径分支处轮廓

走向的算法可以把其中的一类圆弧(曲线)排除掉;

(2) 判断同一侧的圆弧(曲线)的半径 R_i 的大小, 分以下两种情况:

①若圆弧(曲线)在内侧, 则半径最小的圆弧(曲线)即为最终候选路径;

②若圆弧(曲线)在外侧, 则半径最大的圆弧(曲线)即为最终候选路径。

4 基于中点判别法获取视图轮廓信息的方法与步骤

如图 7 所示, AB 为当前路径, BT_n 为候选路径, 具体算法描述如下:

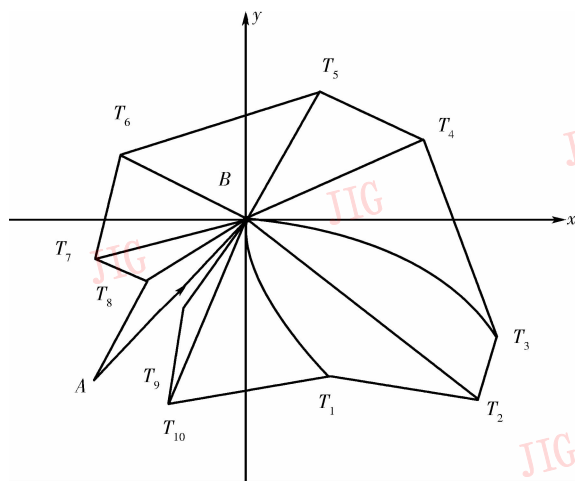


图 7 复杂的多路径走向判别

Fig. 7 Discriminance of complicated paths' tendence

(1) 先以点 B 为坐标原点建立直角坐标系 xBy , 然后根据所在象限的不同, 将所有的候选路径划分为 4 大类, 最后判断当前路径 AB 位于第几象限, 不妨设 AB 位于第 S 象限 ($S = \text{I}, \text{II}, \text{III}, \text{IV}$);

(2) 搜索候选路径是否存在圆弧或者曲线, 分以下两种情况:

①若是, 则运用多圆弧、曲线路径的走向判别方法把最终的候选圆弧(曲线)路径判别出来, 并以此圆弧(曲线)的切线作为候选直线段路径;

②若否, 则转步骤(3)。

(3) 判断候选路径是否跟当前路径处于同一象限, 分以下两种情况:

①若是,则先设这些与当前路径处于同一象限的路径的集合为 $L = \{BT_n, n = 1, 2, 3, \dots\}$; 然后利用中点判别求取多路径分支处轮廓走向的方法, 通过判断 L 与当前路径 AB 的斜率的大小关系, 将 L 分以下为两类:

$$L_1: k_{L_1} > k_{AB}$$

$$L_2: k_{L_2} < k_{AB}$$

对于 L_2 , 若利用中点判别法求取多路径分支处轮廓走向的方法来判别出 L_2 中优先级最高的路径 BT_i , 则 BT_i 即为所要求的候选路径, 退出;

②若否(即没有候选路径跟当前路径处于同一象限), 则转步骤(3);

(4) 若当前路径处于第 S 象限, 则根据象限优先级循环图箭头所指方向(如图 8 所示), 判断其下一象限是否存在候选路径, 分以下两种情况:

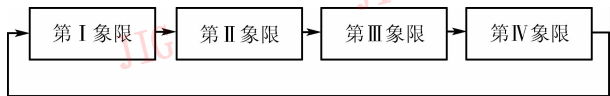


图 8 象限优先级循环图

Fig. 8 Cycle of PRI of quadrant

①若存在, 则设此候选路径集为 L_3 , 然后利用中点判别法求取多路径分支处轮廓走向的方法来判别出 L_3 中优先级最高的路径 BT_i , 则 BT_i 即为所要求的候选路径, 退出;

②若不存在, 则根据象限优先级循环图箭头所指方向, 一直判断下去;

(5) 当前路径处于第 S 象限, 如果其他所有象限都不存在候选路径, 则利用中点判别法求取多路径分支处轮廓走向的算法, 判别出 L_1 中优先级最高的路径 BT_i , BT_i 即为所要求的候选路径;

(6) 结束。

5 计算效率分析

现以一个分支点求取下一路径为例, 图 9 给出了任取 5 条、10 条、15 条候选路径的分布情况, 角度法、拓扑映射法与中点判别法的计算效率比较如表 1 所示。

表 1 运算时间比较表(重复次数为 1,000,000 次)

Tab. 1 Comparison of arithmetic efficiency (repeat 1,000,000)

分支处候选 路径条数	不同方法运算时间(s)			提高效率(倍)
	角度法	拓扑映射法	中点法	
5	2.123	0.224	0.124	9.46
10	4.359	0.459	0.239	9.87
15	6.886	0.727	0.366	10.04

由表 1 比较可知, 中点判别法比其他两种方法平均提高效率接近 10 倍。由于图形的视图轮廓往往会经过许多个分支点, 且每个分支点又有许多条候选路径, 因此, 该算法较角度法和其他算法能显著地减少计算量。

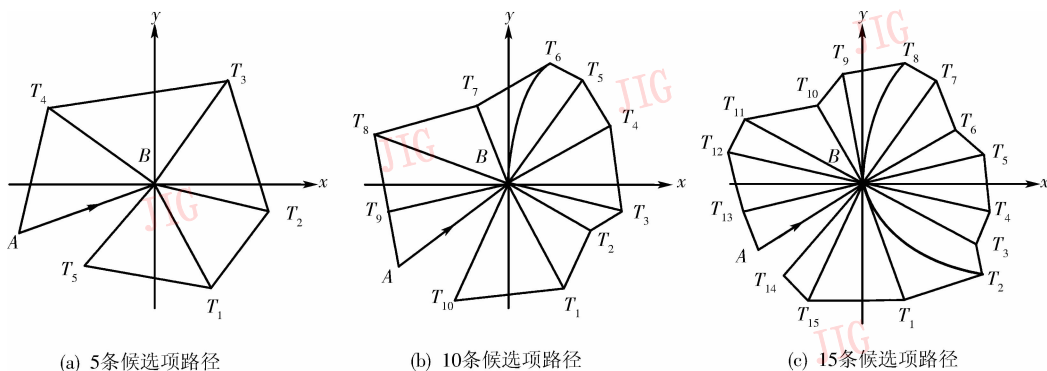


图 9 任选不同条数的候选路径

Fig. 9 Discretional amount candidate path

6 结论

众所周知, 视图轮廓信息在 CAD/CG 中起着重要的作用。本文提出的中点判别法针对直线段、圆

弧、曲线路径走向判别的算法进行了较为详细的说明, 该判别法能够判别不同类型候选路径的走向, 具有较好的适应性。该算法具有如下特点:

(1) 将各候选路径按照象限进行分区, 即先通过各路径所在分区快速排除一部分候选路径, 而同

一优先级分区内候选路径可将角度判别转化为斜率的坐标关系判别;

(2) 对于无法通过斜率的坐标关系判别的候选路径,可通过中点判别法来确定候选路径的走向,由于中点判别法只包含有限次加减运算与移位运算,并可避免复杂的求角度运算与求交运算,因此可大大降低运算量;

(3) 该方法特别适用于任意复杂的图形轮廓信息的获取,由于在多视图自动划分、剖面线自动生成、装配图的遮挡处理以及尺寸动态布置中往往需要反复地求取复杂图形的轮廓信息,因此,该方法在实际应用中提高效率十分明显。

参考文献 (References)

- 1 Kim K S. Recognition of gorm features using convex decomposition [J]. Computer Aided Design, 1992, **24** (9): 461 ~ 476.
- 2 Verroust A, Schonek F, Roller D. Rule-oriented method for parameterized computeraided design [J]. Computer Aided Design, 1992, **24** (3): 531 ~ 54.
- 3 Zhang Huai-sheng, Zhang You-sheng, Fang Xian-yong. The method of pick-upping outline information in 2D closed graph by vector multiplication [J]. Computer Engineering and Applications, 2002, **38** (8): 93 ~ 94. [张淮声,张佑生,方贤勇. 基于矢量积的二维封闭图形轮廓信息提取方法[J]. 计算机工程与应用, 2002, **38** (8): 93 ~ 94.]
- 4 Zhang Shu-you, Tan Jian-rong, Peng Qun-sheng. The algorithm of automatic acquisition of view outline information based on topological mapping [J]. Journal of Image and Graphics, 2001, **6** (10): 1016 ~ 1020. [张树有,谭建荣,彭群生. 基于拓扑映射的视图轮廓信息自动获取算法[J]. 中国图象图形学报, 2001, **6** (10): 1016 ~ 1020.]
- 5 Zhang Jian-xun, He Yu-lin, Luo Shu-qiang. Automatically search and pick-up infortion of outline and closer graph in 2D drawing [J]. Computer Engineering and Applications, 2000, **36** (10): 38 ~ 40. [张建勋,何玉林,罗书强. 零件二维视图轮廓信息和封闭图形信息的自动提取 [J]. 计算机工程与应用, 2000, **36** (10): 38 ~ 40.]
- 6 Zhang Shu-you, Tan Jian-rong, Peng Qun-sheng. The algorithm of seeking view outline information based on dynamic preferential border [J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2000, **12** (12): 891 ~ 895. [张树有,谭建荣,彭群生. 基于动态优先边求取视图轮廓信息算法 [J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, **12** (12): 891 ~ 895.]