

一种位图矢量化新方法

严素琴 朱桂林 徐从富

(浙江大学计算机科学与技术学院, 杭州 310027)

E-mail: yansuqin@zju.edu.cn

摘 要: 在图像矢量化过程中, 是依据图像有效提取图像几何特征点并连接到矢量化效果, 而以前的研究工作中没有十分有效的方法。文章通过对位图边界轮廓进行分解, 找出主要轮廓特征, 得到轮廓关键特征点, 并且用原始轮廓点时特征点进行插值, 不但能够很好地保留图像的原始信息特征, 失真小, 还结合多种形式的图像矢量化算法。在 CAD/CAM 中的图像应用取得较好效果。

关键词: 图像轮廓; 空间插值; 内点; 插值; 矢量化

文章编号: 1002-8331-(2005)14-0085-03 文献标识码: A 中图分类号: TP391.7

A New Approach for the Vectorization of Raster Image

Yan Suqin Zhu Guilin Xu Congfu

(School of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract: A novel algorithm to vectorize raster image is approached. Based on some conventional contour detecting methods, an effective contour locating and tracing approach is employed to get the outline points on the image contour. In the succeeding steps, key points are chosen from the outline points by optimized selection scheme considering the special information of the contour. The final vector graph is constructed of lines and curves using key points. Tests have shown that the vector graph constructed by this algorithm has little distortion, and the vectorized process can obtain accurate geometric feature of images. When applied to CAD/CAM, this algorithm is also proved to be efficient and robust.

Keywords: image contour; SDRIC; interpolation; vectorized

1 引言

在现代图像处理技术中, 矢量图在图像编辑、存储应用非常广泛, 而且由于矢量图存储空间容量远小于位图, 因此也可以作为一种准数据压缩方法, 以节约存储资源和网络资源。矢量图也有利于处理边界噪声, 修正量化误差, 以提高输出效率和视觉效果。各种位图矢量化算法都必须对边界进行某种拟合, 且已经有很多相关研究文献化。对于位图矢量化技术的研究, 一直围绕轮廓点列提取算法(直线条段或圆弧分段点列)和直线条段或圆弧拟合[1]。

彩色位图图像技术上称为栅格图像, 是使用颜色网格(像素)表达的, 每个像素都有自己特定的位置和信息量, 而矢量图形由数学对象定义的线条和曲线组成, 根据图像的几何特性绘制图像。所以如果能利用位图的彩色信息得到轮廓点, 从轮廓点位置信息提取出图像的几何特征信息, 可以减少矢量化误差。

位图矢量化过程可以分为轮廓提取、跟踪、轮廓特征点提取、轮廓矢量化。该文主要对轮廓特征点提取提出了一种基于“径向增量方向段”和“径向增量方向段”为基本元素构成图像轮廓特征的轮廓特征点提取算法, 并对特征点进行插值, 得到最终图像轮廓特征点。而这些特征点可以表征图像的形状特征, 且算法具有计算简单和工作量少的特点。

2 图像轮廓提取与跟踪

有很多的图像轮廓提取算法, 例如 Sobel-Laplacian 边缘检测, 有采用彩色阈值技术一的 PDM 和 ED 方法[2]等。而在传统算法基础之上, 利用颜色特征图信息的改进轮廓提取方法, 轮廓提取得到的是一些零散的无连接点, 需要建立有序的点列, 即所谓轮廓跟踪。跟踪的关键在于怎样准确定位最佳轮廓点。这方面的研究也不少, 诸如按点时间内标号组件并提取二进制轮廓的算法[3], 可处理断线的 TX 轮廓跟踪方法[4]等。因为这方面的方法已经很多就不赘述。在轮廓矢量化过程中, 提取特征点很重要的一步, 而怎样从轮廓跟踪所得到的零散排列的有序轮廓点中, 提取出表示图像轮廓关键特征点。

3 轮廓特征点提取

定义: 设给定一列有序点列: $p_0, \dots, p_1, p_2, \dots, p_{n-2}, p_{n-1}, p_n$ (n>4), 如果满足 p_1 在以 p_0 为圆心的某圆域 Ω_1 中, p_{n-1} 在以 p_n 为圆心的某圆域 Ω_2 中, 且 p_1, p_{n-1} 和各自所在圆的圆心连线在 Ω_1 和 Ω_2 内成 α 角, 则称 p_1, p_{n-1} 为“径向增量内点”或“SDRIC”, p_0, p_1, p_{n-1}, p_n 构成的曲线段为“径向增量内向段”(如图 1 中虚线线段), 否则称 p_{n-1}, p_n 为“径向增量外向点”或“SDRID”, $p_{n-1}, p_n, p_{n-2}, p_{n-3}$ 构成的曲线段为“径向增量外向段”(如图 1 中实线线段)。

特征点代表图像应该保持几何形状, 在二值的提取方法

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(编号: 6022005)资助

作者简介: 严素琴(1979-), 女, 硕士, 研究生, 从事从事图像处理, CAD/CAM 研究。朱桂林(1967-), 男, 教授, 主要从事计算机图形学应用研究。徐从富(1969-), 男, 博士, 副教授, 从事研究智能 CAD、数控编程等。

当采用迭代算法提取曲线特征点时,文献[2]“选出”尖点“时,每曲至止为特征点。但是对于曲线需求不高,并没有十分有效的方法,而常常会得到“伪特征点”,造成失真真的特征点,使得曲线不能够保形。针对这些情况,提出一种基于分解位图轮廓的“径向地尔同向度”及“径向地尔异向度”二元素的特征点提取方法,简称“二元素”特征点提取方法。

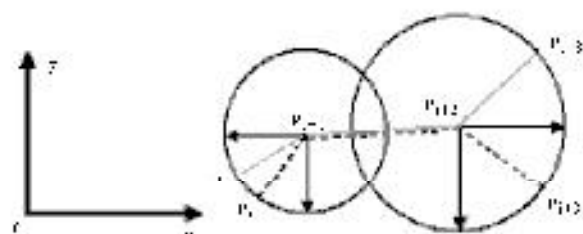


图1 “经直,量量同可段”和“经直,量量异可段”

3.1 二元系特征点与相图

分析齿廓的边线轮廓构成,可把它细分为由径向齿间同段和由一组成齿组线向端呈异向曲线段组成的曲折线构成。如图2所示,径向齿间同段主要代表了轮廓的尖突特征,如图2中的尖线;有些径向端呈异向段,包含了由径向端呈异向靠近组成的较长线段,这些线段也代表了轮廓的主要特征,如图2中的点划线;而二组成齿组呈异向缓和环组成的规则的折线段(如图2中的部分实线)不代表轮廓的主要尖突特征。综上所述,因此特征点提取方法可以认为是从齿廓轮廓中选取径向齿间同向靠近齿间齿组线向端呈异向曲线段的端点。

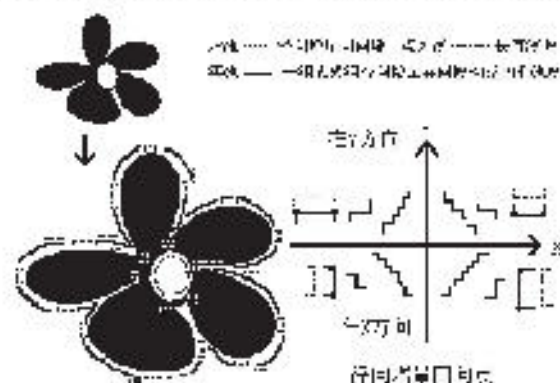


图 2 中国中边界层降水日数随纬度的变化(长白山区)

由于给定观测后得到的是连续行列的观测点,故而应提出所需求的特征点,不宜将整条观测点列一列无余点。通过合并所有相同利率相等的观测点来删除直线上的冗余点,而合并频率不同的点可以删除基线中的冗余点。

经过进一步迭代除了冗余节点,就可以提取所需要的链内布置点(SDRB)和长三数段结点,其直线的方程表达式:

$$\frac{(p_{i-1}x+p_{i+1}y)}{\|p_{i-1}\|+\|p_{i+1}\|} \geq 0 \mid \frac{(p_{i-1}x+p_{i+1}y)}{\|p_{i-1}\|+\|p_{i+1}\|} \geq \frac{(p_{i-1}x+p_{i+1}y)}{\|p_{i-1}\|+\|p_{i+1}\|}$$

由米氏圆轮轴有序点列 $p_1, p_2, p_3, p_4, \dots$ 如果为真,则 p_{i-1}, p_{i+1} 为SDRB点;否则以 p_{i-1}, p_{i+1} 为端点判断是否是长直线

故, 可用列生 $m = \sum_{i=1}^n |p_i - p_{i-1}|/2n - b$ (b 为调 σ 的系数, 亦作 $0-5$); 又列新西康正离的 $D = \|x_i - y_i\|$ 是总熵记

为了结果的精确,有时将误差适当放大一些或缩小一些量 σ ,但在无论到了哪一点,其前后相邻线段长度 $D = \|p_i - p_{i-1}\|$ 和平面相邻线段长度 $D_0 = \|p_{i+1} - p_i\|$, $D_0 = \|p_i - p_{i-1}\|$ 都满足:

于心的血液供应,以维持其向增殖区增殖,供应肌层的血管纤维的增生与吸收,可用 D_1 表示 $D_1 = D_2 + D_3$, 由此得出 $D_1 = D_2$ 。

取 $\lambda = \sum_{i=1}^n \|\mu_i - \mu\|$, $\lambda_i = \|\mu_i - \mu\|$ 为点 μ_i 到 μ 的欧氏距离, 范围 $(0, 1)$ 内量化, 称为“相对垂直线段”。

3.2 元素特征点提取

3.2 二元素待行点提取算法实现

注:对于任意 n ,令 \mathcal{A}_n 表示 \mathcal{A} 中所有 n -元族组成的集合.

三、五、金、占、附、五、途

对于有序标度点列 $p_1, \dots, p_{i-1}, p_i, p_{i+1}, \dots, p_n$, 令 $y_i = p_{i-1}, y_{i+1} = p_i, \hat{p}_i = p_i$, 再令变量 z_1, z_2 取值为 1, 2, 3, 4 并代入 (5) 中, 则

步骤 1: 求相建兩段坡道的斜率:

[illegible]

则知存在满足下列条件,

步骤 2: 合并多条相邻的线段: 如果 $k_1=b$, 则 exp 作为汇点, 点从源点汇上点, 然后求值。

步骤3: 令并斜率变化率同的纹数; 即求 h_1, h_2, \dots, h_n 把 my 作为元素从根节点出发; 但当其中有且 仅有一段垂直直线时, 则 $h = 0$ 或 $h = 1, 2, \dots, m$ 可保角, 跳到步骤4。

与题中各列, 继续比较,

$$A_D = \frac{1}{2} A_D + \frac{1}{2} A_D = \frac{1}{2} A_D + \frac{1}{2} A_D = I_{D,D}$$

环境变化之影响: 6. 1. 1.

(2) 标取 SDR10 点, 和长止燃爆测点。

对有序结点列 $p_0, \dots, p_i, q_1, q_2, \dots, q_j, q \geq 1$ 计算 α, λ 的注, 则 α 和 λ 的注 $sp=p_i, \alpha q=p_i, D=0, \beta q_{\alpha q}=0, \beta q_{\alpha q}$ 的注"相对长且较长"的注取注, 注: 偏序变量 $i=2$.

循环链表生成 1-5 且 $n+1 \geq n$ 共页

假设 1: 条件变量不变。

$02=0.02, 05=0.05$, 引伸直至总长为长过,

$$D = \|sp - ap\|, D_1 = \|qp - mp\|, D_2 = \|fp - gp\|,$$

$$\delta = \frac{(f(p, x) - g(p, x))}{\Omega_x} + \frac{(f(p, x) - g(p, x))}{\Omega_x} \approx 0$$

$$\left(\frac{1}{D_1} (q_1 \gamma - \alpha \rho_1) \right) + \left(\frac{1}{D_2} (q_2 \gamma - \alpha \rho_2) \right) > 0$$

判斷是否應付與否是下列幾事：

步骤2: 提取 SPARC 点: 如具 6 个 α -sp, β 特征点, flag 0, 条件变量为 0:

$D = D_1 \oplus D_2 \oplus D_3 \oplus D_4 \oplus D_5 \oplus D_6$.

步骤 3: 提取长直线段; 如果 $(B_0 > \sigma)$ 为真, xsp, ysp 为特征点, $B_{sp} = 0$, 跳转到步骤 5。

步骤 4: 假设存在相邻的两线段: 如果布尔表达式 $(D_1 > MD) \vee (D_2 > MD)$ 且 $(D_1 > MD)$ 且 $(flag \neq 1)$ 或 $(D_2 > MD)$ 且 $(flag \neq 1)$ 或 $(flag = 1)$ 且 sup 为特定点, $flag=1$, 跳转到步骤 5。

步骤 5: 否则, 条件 2 7 代换: $a_n \leftarrow a_{n+1}$, $b_n \leftarrow b_{n+1}$, $D_i \leftarrow D_{i+1}$ ($i \geq 1$)

如果特征点集 \mathbf{P} 中不包括给定的点, 为了保证轮廓完整性, 我们自己也作为特征点提取出来, 特征点集由数据帧 \mathbf{P} 中的特征点:

4 特征特征点的估计算法

上述所选取的特征点并不是完全充分的,而在边界中的3.1节所述的部分规划曲线段,长直线段,圆弧,椭圆,直线等过十种,于是结构的轮廓线类,例如例3中的图(3),因此有必要在特征点列中进行折记,也在原始轮廓点列中,保留一些非A型基点,这些点与上述的特征点进行有条件的取舍,可

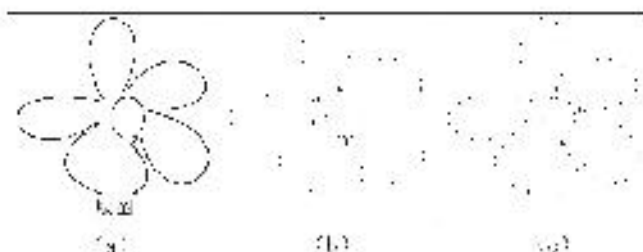


图3 特征点提取算法的实现结果

为是原始轮廓点,所以得到的最终轮廓特征点可以很好地保留轮廓原始信息,减小失真。

设对原始轮廓点做 n 大于 Δ 的轮廓采样点,每隔 Δ 的点提取出来放入等间隔点集 Π 中。

$$\Delta = \sigma = s \quad (1)$$

σ 是该轮廓中抽取点直线段时的下采样, s 为曲线 Δ 的上微值,取值 $(0, 10)$ 。

$$\Pi = \{p_0, p_1, \dots, p_{n-1}\} \quad (2)$$

集合 Π 中每隔点 Π_i 中的每一元素,如果它位于其前面和后面的特征点的距离都大于 $\frac{\Delta}{2}$, 则保留并加入到最终轮廓特征点集中。

$$\Gamma = \bigcup_{i=0}^n \Pi_i \quad (3)$$

其中 Π_i 是下标为 $0 \leq i \leq n$ 的特征点, Γ 是上标为 $0 \leq i \leq n$ 的点是。

从 Γ 中选取 $\|\Gamma_i - \Gamma_{i+1}\| > \frac{\Delta}{2}$ 和 $\|\Gamma_i - \Gamma_{i-1}\| > \frac{\Delta}{2}$ 的方向点, 从而得到最终轮廓特征点集 Γ' 即为轮廓矢量化后的轮廓数据, 如图3中的 (c) 中不但包括了描述轮廓形状的关键点, 达到轮廓形状的保形, 而且较均匀的分布的轮廓点, 使下一步采用贝叶斯采样来拟合变得简单。

注: 对于不同的轮廓, 等间隔的 Δ 不一定相同, 主要以前面说的轮廓最长直线段时的下微值而定, 这里是以该轮廓中顺序两点 (经过第一采样点轮廓中其余点的轮廓点) 之间的最大距离为基准, 并适当加上一个整数倍的等间隔大小, 如图3中 (c) 的花型曲线的等间隔 Δ 在花瓣的花心 (相似) 的等间隔前不等。

5 轮廓矢量化及其结论

矢量化可以用多种形式实现, 诸如直线、圆弧、样条曲线、贝塞尔曲线等, 根据不同的应用选用相应的矢量化形式, 以求达到最佳的拟合效果。由于该法对特征点集进行了优化, 得到的结果集分布已经非常均匀, 光滑, 因此具体的矢量化形式最后结果影响不大。

对结果集进行四阶矢量化, 或使用反弦圆一阶最小三率变化曲线拟合方法, 该方法可以得到 C2 连续的分段圆弧二次, 四是矢量化需要的光滑性, 如图4第三幅图圆弧矢量化后的图中的头的外轮廓, 和下巴。另外, 三次 B 样条二阶对结果集进行拟合, 能拟合, 得到样条曲线的矢量化结果, 如图4中的第四幅样条曲线矢量化后, 轮廓曲线光滑, 平滑。在仅用直线圆弧矢量化形式进行矢量化时, 相邻入点的斜率相等 (直线、圆弧), 或3点成直角; 三点的多边形, 如正方形、长方形, 或斜平

绝对值之积小于1, 或者相邻点之间的斜率为零 (横直线), 或为无穷 (斜率为无穷竖直线) 时使用直线, 其余均使用圆弧, 如图4。

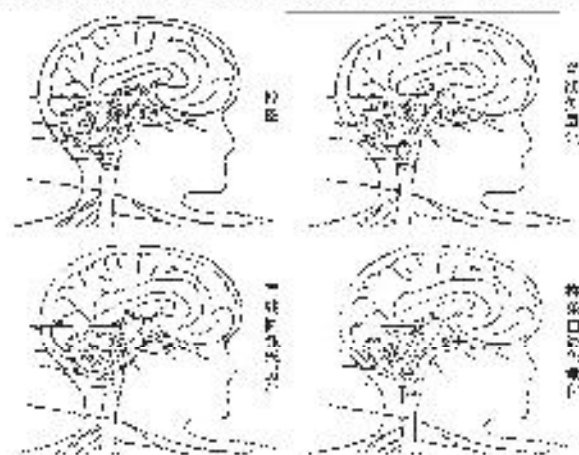


图4 矢量化后的结果

图4为本文方法得到的各种形式的矢量数据集, 总体上样条曲线形式的图像较直线和圆弧图像形式的图像效果平滑, 更省的主要的区域在人体的脸部和颈部轮廓, 直线和圆弧图像方式等细节部分更接近原图, 而样条曲线形式的轮廓平滑, 但是这种差异是可以接受的, 说明了矢量化方法在贝叶斯采样矢量化形式无关, 且保持最小失真, 达到保形拟合。由此可见, 3种矢量化形式下部达到了令人满意的效果, 能够较好地逼近原图中的特征形体。

最近今后的研究工作, 主要集中在如何对彩色图像进行矢量化, 因为轮廓的提取直接影响到矢量化效果, 在彩色图像轮廓提取算法中, 还需做进一步优化颜色分割, 使最后的轮廓最佳逼近原图。(投稿日期: 2004年11月)

参考文献

1. 史江, 张成恩. 基于图像矢量化的人工智能识别与多形学学报, 2000; 2(2): 170-173.
2. 刘永红, 陈树强. 一种改进的边界轮廓矢量化算法. 测试技术学报, 2002; 16(4): 241-244.
3. Xerox Corporation, Watson Research Center. Pulse density modulation on rastered images containing pulse density modulation and error diffusion. J. R. Lickhaek, Journal of the Optical Society of America A, 1990; 7(4): 708-716.
4. Soler, F. I., Tobi, A. M., Eschbach, R., Kins, K. H. Adaptive Color Classification. J. Graphical Models and Image Processing, 1998; 58(2): 115-126.
5. Chang, P., Chen, C., Jen, J., Ch. Jen. A Fast four-component color labeling algorithm using contour tracing techniques. J. Computer Vision and Image Understanding, 2004; 93(2): 206-220.
6. 王尚彬, 张雷雷, 余江. 轮廓跟踪的 TM 算法. 计算机辅助设计与图形学报, 2003; 15(5): 579-582.
7. Bhowmik, Navin, Loandra, Kumar, Singh, Debnajay, Sarkar. A genetic algorithm-based approach for detection of significant vertices for polygonal approximation of digital curves. J. International Journal of Image and Graphics, 2004; 4(2): 223-239.
8. Muhammad, Saifur. Same algorithm for curve design and automatic outline capturing of images. J. International Journal of Image and Graphics, 2004; 4(2): 301-32.
9. Gao, H., Shen, K., Liu, J., Ye, F. G2 and G2-Continuous Circle Splines for the Interpolation of Sparse Data Points. J. CAD, 2001.