

文章编号:1000-582X(2006)07-0077-04

一种图像区域边缘表达方法*

林意,吴锡生

(江南大学 信息工程学院,江苏 无锡 214036)

摘要:在图像的研究和应用中,图像区域边缘的表达方式很重要,它关系到区域描述的准确性,对后继的图形识别和判断影响很大.根据自由曲线产生方法,用自由曲线拟合图像区域的边缘,克服了以往样条曲线不过型值点的缺点.同时,由于无须反求运算,自由曲线拟合速度很快,并且采用了最佳光顺算法,曲线拟合边缘较紧密,实验表明这种方法是有效的.

关键词:样条曲线;图像边缘;光顺性

中图分类号:TP391.72

文献标识码:A

在图像的研究和应用中,人们往往仅对各幅图像中的某些部分感兴趣.这些部分常称为目标或前景(其它部分叫背景),一般前景对应图像中一个特定的、具有独特性质的区域,为了辨识和分析目标,需要将这些有关区域分离出来,在此基础上才有可能对目标进一步利用.目前,一般提取的区域总是以边缘的形式给出的,提取区域实际上是提取边缘的过程,也就是边缘检测.事实上,两个具有不同灰度值的相邻区域之间总存在边缘,而边缘是灰度值不连续的结果,这种不连续可利用求导数而得到.目前在边缘提取过程中,所采用的方法很多,效果也较好.但一般得到的边缘是像素集合,这不利于对区域的形状描述,为了使计算机能充分利用所获得的分割结果,因而必须先选定边缘的表达方式^[1].

相对提取边缘的算子而言,边缘表达就单一得多,以致于许多图形识别或图形匹配方面有一些困难,而且目标的描述也有许多近似,对于应用的成功率有影响,因而好的表达方法应具有节省存储空间、易于特征计算等优点,能较精确地描述目标^[2-3].目前,有用B样条曲线来表示边缘曲线,这样有个难点,就是生成速度问题.由于B样条曲线或NURBS曲线不过型值点,因此要求曲线必须做反求,当边缘比较复杂时,要求的型值点很多,于是反求速度很受影响,对于实时采样识别是困难的.

笔者应用快速曲线造型技术,把图像中的边缘用一种新的分段曲线表示,克服了边缘点集数据量大的缺点,同时又能很好地反映边缘的一些形态和拓扑结构,克服了链码、多边形的粗糙性,同时,在边界描述上有更好的计算方法,能够逐点拟合曲线,描述边界.同时便于求出边缘曲线的曲率等值,能在图形匹配等方

面有应用.

1 自由曲线造型方法

下面针对涉及的过型值点的曲线造型,由于仅研究图像区域边缘,故这里研究平面曲线,即可令曲线为 $s(t) = (x(t), y(t))$,并且研究下列问题:如图1所示,在平面上取一些点 p_1, p_2, \dots, p_n ,希望生成一条光滑的3次样条曲线^[4].

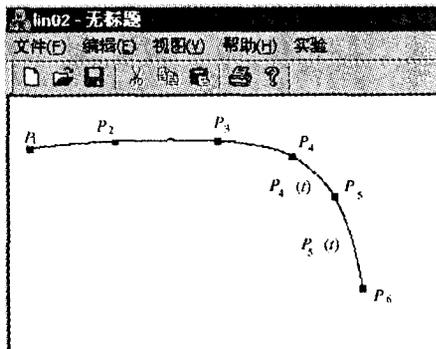


图1 曲线过 p_i 点, $p_i(t)$ 是 p_i, p_{i+1} 上的曲线段

很明显,当 $n \leq 4$,即平面上有4个点时,为了过此4个点,可以用Lagrange插值公式,于是

$$x(t) = \frac{(t-t_2)(t-t_3)(t-t_4)}{(t_1-t_2)(t_1-t_3)(t_1-t_4)}x_1 + \frac{(t-t_1)(t-t_3)(t-t_4)}{(t_2-t_1)(t_2-t_3)(t_2-t_4)}x_2 + \frac{(t-t_1)(t-t_2)(t-t_4)}{(t_3-t_1)(t_3-t_2)(t_3-t_4)}x_3 + \frac{(t-t_1)(t-t_2)(t-t_3)}{(t_4-t_1)(t_4-t_2)(t_4-t_3)}x_4,$$

* 收稿日期:2006-03-12

作者简介:林意(1963-),男,江苏无锡人,江南大学博士,主要从事结构计算和计算机图像处理的研究.

$$y(t) = \frac{(t-t_2)(t-t_3)(t-t_4)}{(t_1-t_2)(t_1-t_3)(t_1-t_4)}y_1 + \frac{(t-t_1)(t-t_3)(t-t_4)}{(t_2-t_1)(t_2-t_3)(t_2-t_4)}y_2 + \frac{(t-t_1)(t-t_2)(t-t_4)}{(t_3-t_1)(t_3-t_2)(t_3-t_4)}y_3 + \frac{(t-t_1)(t-t_2)(t-t_3)}{(t_4-t_1)(t_4-t_2)(t_4-t_3)}y_4,$$

其中 t_i 是 $S(t)$ 在 $P_i(i=1,2,3,4)$ 处的参数.

下面求出 P_4P_5 段上曲线方程 $P_4(t)$, 使其满足以下条件:

- 1) $P_4(t)$ 过 P_4, P_5 点;
- 2) $P_4(t)$ 在 P_4 点处与 $S(t)$ 达到 G^2 光滑拼接;
- 3) $P_4(t)$ 有较好的光顺性.

由条件(1)可以设 $P_4(t) = (P_{4x}(t), P_{4y}(t))$,

$$\text{而 } P_{4x}(t) = \frac{t-t_4}{t_5-t_4}x_5 + \frac{t-t_5}{t_4-t_5}x_4 + (a_{4x}\frac{t-t_4}{t_5-t_4} + b_{4x})\frac{(t-t_4)(t-t_5)}{(t_5-t_4)(t_4-t_5)},$$

$$P_{4y}(t) = \frac{t-t_4}{t_5-t_4}y_5 + \frac{t-t_5}{t_4-t_5}y_4 + (a_{4y}\frac{t-t_4}{t_5-t_4} + b_{4y})\frac{(t-t_4)(t-t_5)}{(t_5-t_4)(t_4-t_5)}.$$

又由条件(2)知:

$$P_4'(t) = S'(t_4),$$

$$\text{即: } P_{4x}'(t_4) = x'(t_4), P_{4y}'(t_4) = y'(t_4),$$

$$\text{故: } \frac{x_5 - x_4}{t_5 - t_4} + b_{4x}\frac{1}{t_5 - t_4} = x'(t_4),$$

$$\frac{y_5 - y_4}{t_5 - t_4} + b_{4y} + \frac{1}{t_5 - t_4} = y'(t_4).$$

$$\text{得到: } b_{4x} = (t_5 - t_4)x'(t_4) - x_5 + x_4,$$

$$b_{4y} = (t_5 - t_4)y'(t_4) - y_5 + y_4.$$

这里 $(x'(t_4), y'(t_4))$ 和 $(x_4, y_4), (x_5, y_5)$ 都为已知的.

又由于 $P_{4x}(t_4) = 2kx''(t_4)$,

$$P_{4y}(t_4) = 2ky''(t_4).$$

这里把 k 写成 $2k$ 形式是为了后面方便计算, 于是

$$a_{4x}\frac{1}{(t_5-t_4)^2} + b_{4x}\frac{1}{(t_4-t_5)(t_5-t_4)} = kx''(t_4),$$

$$a_{4y}\frac{1}{(t_5-t_4)^2} + b_{4y}\frac{1}{(t_4-t_5)(t_5-t_4)} = ky''(t_4).$$

故:

$$a_{4x} = b_{4x} + (t_5 - t_4)^2 kx''(t_4),$$

$$a_{4y} = b_{4y} + (t_5 - t_4)^2 ky''(t_4),$$

其中 k 为待定数, 下一步确定 k . 按照光顺性要求, 相当于要求下列泛函数在最小.

$$L(P_4(t)) = [x'''(t_4) - P_{4x}'''(t_4)]^2 + [y'''(t_4) - P_{4y}'''(t_4)]^2$$

$$\text{而 } P_{4x}'''(t_4) = -\frac{6a_{4x}}{(t_5-t_4)^3},$$

$$P_{4y}'''(t_4) = -\frac{6a_{4y}}{(t_5-t_4)^3}.$$

于是, 令 $\frac{\partial L}{\partial k} = 0$ 得

$$[x'''(t_4) + \frac{6a_{4x}}{(t_5-t_4)^3}] \frac{6x''(t_4)}{(t_5-t_4)} + [y'''(t_4) + \frac{6a_{4y}}{(t_5-t_4)^3}] \frac{6y''(t_4)}{(t_5-t_4)} = 0.$$

解得:

$$k = -\frac{[x''(t_4)(t_5-t_4) + \frac{6b_{4x}}{(t_5-t_4)^2}]x''(t_4) + [y''(t_4)(t_5-t_4) + \frac{6b_{4y}}{(t_5-t_4)^2}]y''(t_4)}{6[x''(t_4)]^2 + 6[y''(t_4)]^2}.$$

这样

$$P_{4x}(t) = \frac{t-t_4}{t_5-t_4}x_5 + \frac{t-t_5}{t_4-t_5}x_4 + (a_{4x}\frac{t-t_4}{t_5-t_4} + b_{4x})\frac{(t-t_4)(t-t_5)}{(t_5-t_4)(t_4-t_5)},$$

$$P_{4y}(t) = \frac{t-t_4}{t_5-t_4}y_5 + \frac{t-t_5}{t_4-t_5}y_4 + (a_{4y}\frac{t-t_4}{t_5-t_4} + b_{4y})\frac{(t-t_4)(t-t_5)}{(t_5-t_4)(t_4-t_5)}.$$

同样方法, 对于 $p_i p_{i+1}$ 线段上的曲线 $P_i(t)$ 为:

$$P_i(t) = (P_{ix}(t), P_{iy}(t)),$$

其中

$$P_{ix}(t) = \frac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i}x_{i+1} + \frac{t-t_{i+1}}{t_i-t_{i+1}}x_i + (a_{ix}\frac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i} + b_{ix})\frac{(t-t_i)(t-t_{i+1})}{(t_{i+1}-t_i)(t_i-t_{i+1})},$$

$$P_{iy}(t) = \frac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i}y_{i+1} + \frac{t-t_{i+1}}{t_i-t_{i+1}}y_i + (a_{iy}\frac{t-t_i}{t_{i+1}-t_i} + b_{iy})\frac{(t-t_i)(t-t_{i+1})}{(t_{i+1}-t_i)(t_i-t_{i+1})}.$$

而

$$a_{ix} = b_{ix} + (t_{i+1} - t_i)k_ix''(t_i),$$

$$b_{4x} = (t_{i+1} - t_i) p_{i-1x}'(t_i) - x_{i+1} + x_i$$

$$a_{iy} = b_{iy} + (t_{i+1} - t_i)k_iy''(t_i),$$

$$b_{4y} = (t_{i+1} - t_i) p_{i-1y}'(t_i) - y_{i+1} + y_i$$

(x_i, y_i) 为 P_i 的坐标. T_i 为 P_i 的参数值. $i=5, 6, \dots$

2 曲线造型的边缘表示

链码描述曲线边缘, 把所有边缘点信息都包含在其中, 这样有数据量大和噪声干扰明显的问题. 可是, 用多边形来替代链码, 误差难以控制. 为了进一步拟合边缘点的精度, 就用曲线方法来拟合. 具体做法如下:

按链码归一化起点方式把起点 P_0 决定下来, 再在链码中等距地获取 n 个点 $P_i(i=0, 1, \dots, n-1)$, 所谓等距就是 P_i 与 P_{i-1} 间方向数个数是固定的, 第三步进行点调节, 即 P_i 与 P_{i-1} 间有一曲率较大的点 q , 若离 P_i 较近, 同时, P_i 与 P_{i-1} 的曲率变化不大, 则 P_i 用 q 代替, 若 P_i 与 P_{i-1} 的曲率变化也很大, 但 P_i 与 q 曲率变化不大,

则依旧 P_i 用 q 代替;若 P_i 与 q 的曲率变化也很大,则插入一个点 q . 如此一来,就得到曲线上一系列点,这系列点有这样一个特点,它们包含了边缘上曲率变化大的点以及曲率大的点,同时,较均匀地 n 等分了边缘曲线,把新的点列依旧记为 $P_i (i=0,1,2,\dots,m)$.

在许多应用领域,要求能很快速地提取目标的外形,然后进行识别,因而,根据这些点 $P_i (i=0,1,2,\dots,m)$,采用前面快速曲线造型的方法构造出曲线:

$$s(t) = (x_i(t), y_i(t)) \quad i=0,1,2,\dots,m$$

这里,一开始的曲率只是用来判断边的弯曲程度,并不是真正要求出曲率. 所以,可以根据以下方法进行:为了计算 P_i 处曲率,用该点的前后两点间连线 $P_{i-1}P_{i+1}$ (称弦)与该点到连线的距离 d_i 的长度比作为近似曲率,即 d_i/L_i ,当其曲率大于某一阈值 T_g 的点,被认为是角点,即作为 q 点.

这个做法有以下好处:首先,数据量少,只需知道 $P_i (i=0,1,2,\dots,m)$ 便可;其次,克服了多边形不能描述边缘弯曲的程度等缺点,抗干扰好,可以用于对图形的匹配分析.

3 曲线造型的边缘特征值描述

有以上方程后,可以作边缘特征值描述了,只是针对几个简单的描述符进行讨论.

3.1 边界的长度

边界的长度是一种简单的边界全局特征,它是边界所包围区域的轮廓的周长.

以往的做法要判断区域 R 的内部点是按什么方向连接的,然后确定出内部点. 然而会出现相应的歧义,即有些点在不同方向连接时,会属于内部点或边缘点,因而,按链码表示方法实际上是有 2 个边界的长度.

这里的边界长度为:

$$L = \oint_l \left| \frac{ds(t)}{dt} \right| dt,$$

其中 l 表示边缘一周进行积分.

于是

$$\left| \frac{ds(t)}{dt} \right| = \left[\left(\frac{x_i - x_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + bx \frac{(t - t_i)(t - t_{i+1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_i - t_{i+1})} + \left(\frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} a_x + b_x \right) \frac{2t - t_i - t_{i+1}}{(t_i - t_{i+1})(t_{i+1} - t_i)} \right)^2 + \left(\frac{y_i - y_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + by \frac{(t - t_i)(t - t_{i+1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_i - t_{i+1})} + \left(\frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} a_y + b_y \right) \frac{2t - t_i - t_{i+1}}{(t_i - t_{i+1})(t_{i+1} - t_i)} \right)^2 \right]^{1/2}$$

当然,如此做较为复杂,可以用下式进行计算:

$$\left| \frac{ds(t)}{dt} \right| = \left[\frac{x_i - x_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + bx \frac{(t - t_i)(t - t_{i+1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_i - t_{i+1})} + \left(\frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} a_x + b_x \right) \frac{2t - t_i - t_{i+1}}{(t_i - t_{i+1})(t_{i+1} - t_i)} \right]^2 + \left[\frac{y_i - y_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + by \frac{(t - t_i)(t - t_{i+1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_i - t_{i+1})} + \left(\frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} a_y + b_y \right) \frac{2t - t_i - t_{i+1}}{(t_i - t_{i+1})(t_{i+1} - t_i)} \right]^2$$

$$\left[\frac{y_i - y_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} + by \frac{(t - t_i)(t - t_{i+1})}{(t_{i+1} - t_i)(t_i - t_{i+1})} + \left(\frac{t - t_i}{t_{i+1} - t_i} a_y + b_y \right) \frac{2t - t_i - t_{i+1}}{(t_i - t_{i+1})(t_{i+1} - t_i)} \right]^2$$

3.2 曲率

曲率是斜率的改变率,它描述了边界上各点沿边界方向变化的情况.

根据曲率的定义:

$$k(t) = \left| \frac{ds(t)}{dt} \times \frac{d^2s(t)}{dt^2} \right| / \left| \frac{ds(t)}{dt} \right|^3,$$

同样,可以获得曲线的曲率.

当然,由于有了边缘点的近似曲线方程,故像傅里叶描述符、区域面积、形状描述符等内容均可计算出来,因而有很广泛的应用.

4 实验与分析

按照此思路进行编程实现,程序用 Visual C++ 6.0 编写的,在 Windows2000 操作系统,主机频率为 1.5 GHz 下完成的,图 2 为画出的曲线情况,由此可见,效果较好,边缘曲线描述很准确,同时运行速度极快. 在图形匹配、图像视觉处理等领域有广泛地应用价值. 当然,同许多 B 样条曲线一样,这种曲线造型无法描述直线等常见二次曲线. 因此,以后研究中会考虑如何形成快速 NURBS 曲线来进行分析,克服这个困难.

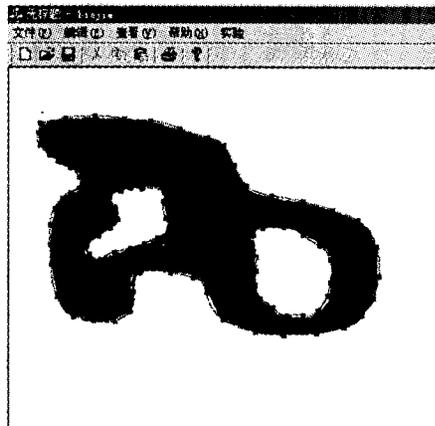


图 2 用自由曲线描述边缘线

参考文献:

- [1] 林意,袁琦睦,何援军. 一种过型值点的快速曲线造型算法[J]. 中国工程图学学报,2005,(4):72-76.
- [2] 章毓晋. 图象处理和分析[M]. 北京:清华大学出版社,1999.
- [3] 杨平,林意. 一种三角剖分算法实现图形的匹配[J]. 计算机应用与软件,20(2):70-71.
- [4] 袁琦睦,林意. 一种单值区域的图形匹配算法[J]. 计算机应用与软件,2005,22(8):101-102.
- [5] 林意. 过控制顶点的 B 样条曲线 [J]. 江南大学学报,2003,(6):553-556.
- [6] 林意,熊汉伟,骆少明,等,过控制顶点的 B 样条曲线[J]. 江南大学学报,2003,2(6):553-556.

Expressing Method of the Edge of Image Region

LIN Yi, WU Xi-sheng

(School of Information Engineering, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China)

Abstract: A Expressing method of the edge of image region is important in the studing and applying of image. It will influence the veracity of expressing and recognizing of region. A free curve of created method which discussed by the author have been used to approach the edge of image region. Since the free curve pass through the given points and need not converse compute, the speed of creating curve is very quickly. Also the curve are smoothness and fairness, the curve is close to edge of image region. The experiment presents the efficiency of the method.

Key words: spline curve; the edge of image region; smoothness and fairness.

(编辑 陈移峰)

(上接第 76 页)

Research and Design of Global Content Management System Framework

WU Guo-shi¹, FU Xiang-ling¹, AI Li-sha²

(1. School of Software Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2. China Academy of Telecommunications Technology, Ministry of Information Industry, Beijing 100083, China)

Abstract: Along with the evolution of enterprise globalization, the enterprises in China will face the challenges from multilingual content management. Based on the actuality of multilingual content management of the enterprises, a comprehensive research and systematic design for a system framework of effectively centralizing multilingual content management are performed. The research for this kind of system features are finished first, then the detailed description of the main framework and work principle is displayed, finally implementation of this framework shows the design is feasible.

Key words: content management; content globalization; multilingual content management; content consistency; workflow

(编辑 张小强)