

# 基于活动轮廓模型的人脸特征提取方法的研究

周激流 张 晔 郭 晶 朱 辉

(四川大学无线电系, 成都 610064)

**摘 要** 人脸面部特征提取是自动视觉翻译和人脸识别中的最关键的技术之一. 本文对活动轮廓模型理论的基本原理、方法和技术等作了有益的探索和尝试, 并在此基础上, 提出了提取人脸面部特征的系列算法, 特征是精确的轮廓描述而非简单的数字表达. 实验中, 我们用动态模板方法提取眼睛轮廓, 用活动轮廓方法提取眉毛形状, 结果证明, 该方法具有较强的鲁棒性和自适应性.

**关键词** 人脸识别 活动轮廓模型 特征提取

**中图分类号:** TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2000)04-0341-04

## A Study on Facial Feature Extraction Based on Active Contour

ZHOU Ji-liu, ZHANG Ye, GUO Jing, ZHU Hui

(Department of Radio Electronic, Sichuan University, Chengdu 610064)

**Abstract** Facial features extraction is one of the essential techniques in automated visual interpretation and recognition of human faces. According to the basic theory, methods and techniques of active contour/snake model, a series of algorithms are presented. In this paper, facial features are described accurately about contour but not express simply with datas. In the experiments, the contours of eye are captured by deformable template model, the shapes of the eyebrow are extracted by active contour/snake model and the results show that using the algorithms for facial feature extraction can get good adaptability and robustness.

**Keywords** Face recognition, Active contour/snake model, Feature extraction

## 0 引 言

人脸识别技术因其在身份证验证、公安档案管理、计算机人机交互接口以及可视电话中的巨大应用前景而越来越成为当前模式识别领域的一个热点研究课题<sup>[1,2]</sup>, 而人脸识别中的一个重要步骤就是精确地提取出那些能充分表征人脸特性的特征矢量. 通常, 特征矢量的表达主要有以下几种方式: 第一, 基于几何特征的矢量表达, 其分量通常包括人脸面部指定两点间的欧氏距离、曲率、角度等<sup>[3]</sup>; 第二, 基于代数特征的矢量表达, 代数特征矢量一般是人脸图象在由“特征脸”形成的降维子空间上的投影<sup>[4]</sup>;

第三, 人脸面部特征连续形状的提取和识别, 这实际上还是基于几何特征的矢量表达, 但是, 其分量却是人脸器官的轮廓. 国外这方面已经有些研究<sup>[5-8]</sup>, 但国内尚未见报道.

## 1 活动轮廓模型

### 1.1 活动轮廓模型原理

活动轮廓, 简言之就是能量最小化的曲线, 其原理为: 设对于拟合目标有一个待选曲线集  $\{C(v(s))\}$ , 定义能量函数  $E(v(s))$  与待选集中每一条曲线相关联. 能量函数的设计原则是: 有利属性要能导致能量减小. 而有利属性包括曲线连续和平滑,

曲线与高梯度区域接近, 以及其它一些具体的先验知识. 这样, 活动轮廓在取值范围内移动时, 就能在能量函数的指导下收敛到局部边界, 且能保持曲线的连续与平滑.

一般而言, 活动轮廓模型的能量函数可定义如下<sup>[5,6]</sup>:

$$E_{total} = \int_0^1 E(v(s)) ds = \int_0^1 (E_{internal}(v(s)) + E_{image}(v(s)) + E_{constraint}(v(s))) ds \quad (1)$$

其中,  $v(s)$  是活动轮廓位置的参数化表示,  $v(s) = (x(s), y(s))$ ;  $E_{internal}$  代表曲线本身的约束条件, 它使轮廓趋向平滑化;  $E_{image}$  表示轮廓与图象的局部特征 (通常是高梯度区域) 之间的吻合程度;  $E_{constraint}$  表示外部约束能量, 使轮廓靠近图象上某些特殊点.

最开始设计出的活动轮廓模型是交互式的, 即迭代过程中需要操作员的反馈. 近年来随着模拟退火 (Simulated Annealing, 缩写为 SA) 算法、动态编程 (Dynamic Programming, 缩写为 DP) 等的提出, 已实现了活动轮廓算法的自动化<sup>[6]</sup>.

### 1.2 眉毛轮廓的提取

与眼睛、嘴巴等人脸面部特征不同的是, 人类眉毛的形状多种多样, 无固定结构, 因此难以象提取眼睛、嘴巴的连续轮廓形状那样用简单的参数图元进行描述<sup>[7,8]</sup>. 在眉毛的细提取中, 我们将整个眉毛曲线用上、下两个部分表示 (如图 1 示). 为了运用活动轮廓模型, 必须先获得眉毛的大致轮廓曲线 (初始候选曲线). 首先运用积分投影原理<sup>[9]</sup>, 提取出眉毛的 MBR, 即包含眉毛部位边界的最小矩形; 然后用下面的算法来获得眉毛的初始轮廓, 即在二值边界图上, 从 MBR 的上边界向下扫描一段距离  $d_1$  ( $d_1 < w_{MBR}/2$ ), 遇到的第一个边界点作为眉毛上部轮廓点; 从 MBR 的下边界向上扫描一段距离  $d_2$  ( $d_2 < w_{MBR}/2$ ), 遇到的第一个边界点作为眉毛下部



图 1 眉毛轮廓提取原理示意图

轮廓点. 需注意的是, 若遇到断点, 需根据曲线的走向补足, 同时尽可能使初始曲线比眉毛轮廓稍大.  $d_1, d_2$  的值需根据搜索情况动态地调整.

初始曲线确定后, 考察每个候选点  $3 \times 3$  的邻域, 经反复实验, 我们将能量函数定义如下:

$$E_{total} = \int_0^1 (\alpha(s) E_{continuity}(v(s)) + \beta(s) E_{curvature}(v(s)) + \delta(s) E_{image}(v(s))) ds \quad (2)$$

式中各项的物理意义解释如下:

(1)  $E_{continuity}$  这一项的加入是为了使轮廓趋向平滑化. 简言之, 就是使轮廓上的各点均匀分布. 为计算方便, 文献[6]采用如下近似式进行计算:

$$\left| \frac{dv_i}{ds} \right| \cong |v_i - v_{i-1}|^2 \quad (3)$$

但实际上, 能量函数采用式(3)近似计算后, 一阶导数将导致曲线收缩. 因为它实质上有利于减小曲线上各点间的距离. 而且随着能量函数其他项的共同作用, 还将导致曲线上的点在轮廓上某些拟合程度较高的部分产生堆积 (此时  $|v_i - v_{i-1}|$  很小). 为此, 不能将一阶导数直接用作促进平滑的能量项. 我们需要的是既能保证一阶导数连续, 而又不导致曲线收缩的能量项.

为此, 令  $d_{mean}$  表示曲线上相邻点的平均距离, 则有

$$E_{continuity} = \frac{|d_{mean} - |v_i - v_{i-1}||}{Largest_{i\_continuity}} \quad (4)$$

可见, 相邻点间的间距与平均值越接近, 其  $E_{continuity}$  的值越小. 这样既保证了平滑, 又避免了堆积. 式中  $Largest_{i\_continuity}$  是待考察点  $3 \times 3$  邻域内  $|d_{mean} - |v_i - v_{i-1}||$  的最大值, 用于归一化, 使  $E_{continuity}$  输出范围在 0 与 1 之间. 每次迭代后, 需重新计算  $d_{mean}$  的值.

(2)  $E_{curvature}$  这一项是对曲线上各点曲率的估计. 与上面同样的分析, 我们采用如下近似式

$$\left| \frac{d^2v_i}{ds^2} \right| \cong |v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2 \quad (5)$$

既然  $E_{continuity}$  将促使曲线上各点均匀分布,  $|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|^2$  则为曲线上各点的曲率作了一个合理、快速的估计. 这一项同样是用邻域内的最大值归一化, 得到 0 与 1 之间的输出:

$$E_{curvature} = \frac{|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|}{Largest_{i\_curvature}} \quad (6)$$

(3)  $E_{image}$  这一项表示图象约束条件. 根据有

利边界点的原则, 边界点应具有较小的  $E_{image}$  值. 因此令

$$E_{image} = - \frac{\mathcal{Q}_{edge}(v_i)}{Largest_{i\_edge}} \quad (7)$$

式中,  $\mathcal{Q}_{edge}(v_i)$  表示待考察点 4 个方向上 Sobel 算子的最大值, 各 Sobel 算子的取值如图 2 示.  $Largest_{i\_edge}$  同样表示待考察点  $3 \times 3$  邻域内  $\mathcal{Q}_{edge}(v_i)$  的最大值, 归一化后, 使  $E_{edge}$  的输出在 0 与 1 之间.

于是可以得到能量函数的离散形式:

$$\sum_{i=1}^n (\alpha E_{continuity} + \beta_i E_{curvature} + \delta_i E_{image}) = \sum_{i=1}^n \left[ \alpha \frac{|d_{mean} - |v_i - v_{i-1}||}{Largest_{i\_continuity}} + \beta_i \frac{|v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}|}{Largest_{i\_curvature}} - \delta_i \frac{|\mathcal{Q}_{edge}(x, y)|}{Largest_{i\_edge}} \right] \quad (8)$$

式中:  $n$  代表总点数; 初始化  $\alpha = \beta_i = \sigma_i = 1$

1 2 1	1 0 -1	2 1 0	0 -1 -2
0 0 0	2 0 -2	1 0 -1	1 0 -1
1 -2 -1	1 0 -1	0 -1 -2	2 1 0
Sobel 1	Sobel 2	Sobel 3	Sobel 4

图 2 四方向的 Sobel 算子定义

在迭代过程中, 由于是对曲线进行逐点考察, 如果采用传统的 DP 算法, 则收敛速度较慢. 鉴于此, 我们采用 Greedy 近似最优算法以加快收敛速度, 算法的 C 语言描述为:

```
do // loop to lock snake on the feature
    // contour
{
Move- Number= 0; // initialization the number of points
// moved in an iteration process
for i= 0 to n // 0, 1, 2, ..., n- 1, 0 closed curve
E_min= Big- Const // initialization of energy function value
for j= 0 to 7 // evaluate in 8-neighborhood
    E_j=  $\alpha E_{continuity,j} + \beta_j E_{curvature,j} + \delta_j E_{image,j}$ 
    if E_j < E_min then
        { E_min= E_j
          j_min= j
        }
Move point v_i to j_min
if j_min  $\neq$  Current_Location
{
```

```
Move- Number+ +
}
} While(Move- Number > thershold)
当能量函数达到极小时, 可得到眉毛精确轮廓.
```

### 3 实验结果

利用如上所述的活动轮廓模型原理和 Greedy 算法来提取眉毛的轮廓形状, 实验结果如图 3 所示.



图 3 活动轮廓模型提取眉毛轮廓实例 (眼睛轮廓用动态模板方法提取)

从图中可以看出, 眉毛形状得到了较好的描述. 我们认为, 活动轮廓方法的主要优点可概括为: 第一, 有较强的鲁棒性和自适应性, 可以克服人脸图象的倾斜等问题; 第二, 计算量远远低于变换域方法和稳定视点等方法, 并且, 由于我们对眉毛的初始曲线由眉毛 MBR 获得, 因此, 整个收敛过程比较快, 而且准确; 第三, 有利于对人脸的特征进行形状描述. 它的主要缺点是: 第一, 必须保证提取到对象正确的初始曲线, 否则, 收敛的结果很可能是错误的; 第二, 由于多维能量函数优化问题的复杂性, 迭代收敛得到的解不一定是数学上的最优解. 对以上问题的研究, 我们将在另文中予以报道.

### 参考文献

- 1 Samal A. Automatic recognition and analysis for human faces and facial expressions: A survey. Pattern Recognition, 1992, 25: 65~ 77.
- 2 Valentin D, Abdi H, O'Toole A J. Connectionist models of face processing. Pattern Recognition, 1994, 27: 1209~ 1230.
- 3 Brunelli B, Poggio T. Feature recognition: features versus templates. IEEE on PAMI, 1993, 15(10): 1042~ 1052.
- 4 Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition. Cognitive Neuroscience, 1991, 3(1): 71~ 79.
- 5 Huang C L, Chen C W. Human facial feature extraction for face

interpretation and recognition. Pattern Recognition, 1992, 25 (12): 1435~ 1444.

6 Olstad B, Torp A H. Encoding of a priori information in active contour models. IEEE on PAMI, 1996, 18(9): 863~ 872.

7 Yuille A L, Hallinan P W, Cohen D S. Feature extraction form face using deformable templates. Computer Vision, 1992, 8(2): 99~ 111.

8 Yuille A L. Deformable templates for face recognition. Cognitive Neuroscience, 1991, 3(1): 59~ 70.

9 周激流. 人脸正面模式自动识别方法的研究. 四川大学学报, 1993, 70~ 75.



**周激流** 四川大学电子信息学院副教授, 博士. 主要从事图象图形处理、模式识别与人工智能及多媒体通信等方面的研究工作.



**张 晔** 1998年毕业于四川大学电子信息学院, 现为美国 Pittsburgh 大学计算机系博士研究生, 主要从事图象图形处理、模式识别与人工智能等方面的研究工作.



**郭 晶** 四川大学电子信息学院 96 级研究生, 主要研究方向为图象图形处理、模式识别与人工智能等.

**朱 辉** 四川大学电子信息学院 96 级研究生, 主要研究方向为图象图形处理、模式识别与人工智能等.

## 抓住商机 促进 GIS 行业发展

当今社会的发展越来越离不开信息, 而信息高速公路、数字地球等信息技术的出现, 对社会经济发展发挥着越来越重要的作用. 其中数字地球的基础就是地理信息系统. 目前地理信息系统已广泛应用于军事、资源、环境、交通等各行各业信息(甚至包括各种物流、人流信息)的采集、处理、管理和分析, 已成为政府宏观管理、决策的一个重要技术工具.

朱 基总理在九届三次人民代表大会上宣布: 我国决定全面大力开发西部地区. 可以预见在开发西部的实施中, GIS 将会得到广泛应用. 因此可以说, 这给 GIS 产业带来了极好的发展机会.

为配合政府信息化工程的需求和国家 2010 年发展规划以及“十五”的实施, 促进地理信息系统产业的发展, 中国 GIS 协会与中国惠普公司于 2 月 29 日联合召开新闻发布会, 决定与参加会议的阿波罗科技集团、北京长地计算机公司、北京清华山维新技术开发有限公司、MapInfo 公司、武汉吉奥信息工程技术有限公司、武汉适普软件有限公司、奔特力系统有限公司、方大科技发展集团、北京图行天下信息咨询有限公司、西门子(中国)有限公司及中国四维测绘技术公司等 GIS 软件厂商通力合作, 从改善中国 GIS 行业的技术、设备入手, 促进中国 GIS 市场的发展.

同时在新闻发布会上宣布, 中国 GIS 协会与中国惠普公司及国内外 GIS 软件开发商最近将联合开展以下三项活动:

一、4 月中旬将在十大城市开展大范围、长时间的 GIS 宣传推广月活动, 主要通过国内外 GIS 软件开发商的积极参与, 宣传相关软件知识, 提高对 GIS 的认知度, 增强 GIS 的影响力.

二、中国惠普公司将为中国 GIS 软件测试中心提供价值数十万元的惠普设备, 作为软件测试工作平台, 为顺利开展 GIS 软件测评提供设备保障.

三、由中国惠普公司免费提供 10 台大幅面打印机, 供国内十大 GIS 应用行业应用较多的单位使用, 以总结应用效果和经验, 推动全行业应用. 其应用效果本刊将作追踪报道.

本次活动是我国 GIS 行业首次与厂商联合举办的科技推广活动, 相信通过活动将对中国 GIS 行业发展带来契机, 也将为参与各方带来切实的效益.