

基于变换投影的眼睛轮廓提取方法

刘伟锋¹, 汪增福²

(1. 中国石油大学(华东)信息与控制工程学院, 东营 257061; 2. 中国科学技术大学自动化系, 合肥 230027)

摘要: 眼睛作为人脸的重要器官, 其特征对于人脸表情识别非常重要, 因此需要对眼睛轮廓进行提取。该文根据眼睛的轮廓特征知识, 提出一种利用变换投影估计形状参数, 在形状区域内结合图像信息提取眼睛轮廓的新方法。在分析变形模板和变换投影的特点基础上, 对基于变换投影提取眼睛轮廓的方法进行介绍。在人脸数据库 JAFFE 上的实验表明该方法是可行的。该方法同样可以用于其他形状的检测。
关键词: 变换投影; 扩散投影; 眼睛轮廓; 变形模板

Eye-contour Extraction Method Based on Transform Projection

LIU Wei-feng¹, WANG Zeng-fu²

(1. College of Information and Control Engineering, China University of Petroleum(East China), Dongying 257061;
2. Dept. of Automation, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

【Abstract】 As an important apparatus in the face, the eyes features play an important role for facial expression recognition. Therefore it needs to extract the eye-contours. Considering the known contour character, a new eye-contour extraction algorithm is proposed in this paper based on the combination of the shape parameters got from the transform projection and the image information in the eye field. The characters of deformable template and transform projection are analyzed, and then the eye-contour extraction method based on transform projection is presented. Experimental results on JAFFE(a facial image database) show the validity of this method. In addition, the proposed idea can also be used for the detection of other shapes.

【Key words】 transform projection; diffuse projection; eye-contour; deformable template

1 概述

眼睛特征的自动提取对人脸识别, 特别是人脸表情识别而言是非常重要的。为了实现人脸表情的可靠识别, 除了人眼的位置和状态信息^[1-2]之外, 还需提取包括眼睛的轮廓在内的细节特征。众多的研究者就此提出了很多可行的方法。值得一提的是所谓的基于变形模板的方法, 该方法最早由 A.Yuille 所提出^[3], 之后众多的研究者对其进行了改进和发展^[4-6]。文献[5]提出了模板的一种简化模型, 提高了处理速度, 但牺牲了轮廓线的精度; Chow 等将 Hough 变换和变形模板的方法相结合来寻找眼睛特征^[4], 取得了不错的效果; 文献[6]对初始的模板参数及能量函数进行修正, 以改进可变形模板。基于变形模板的方法的缺点是逐次逼近使得计算量大, 不利于视频图像的实时处理, 而且该方法的结果依赖于变形模板的选择和能量函数的定义; 所选择的变形模板和能量函数不同, 其结果也会有所差异。为了克服前述方法的不足, 根据眼睛轮廓特征的知识, 本文提出一种基于变换投影的新方法。对变形模板和变换投影进行了对比分析, 介绍了变换投影方法在提取眼睛轮廓中的应用, 给出部分实验结果并进行了总结和展望。

2 变形模板与变换投影

变形模板被一组根据特征形状的先验知识设计的参数所定义, 这些参数是可调的。为了得出最符合特征形状的参数, 需要利用图像的边缘和强度等信息及特征形状的先验知识设计合适的能量函数。参数往往向能量减小方向作调整, 当能量达到最小时, 这组参数对应的模板最符合特征形状, 因此

得到了形状特征。

图 1 是文献[7]中定义的眼睛模板, 由 2 条抛物线和 1 个圆构成, 分别对应内眼睑和眼球。其他人员的研究模板与此大致类同。

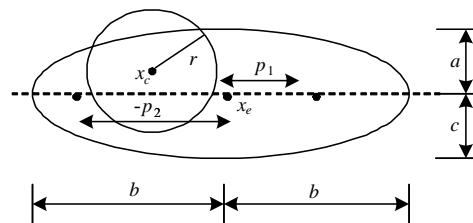


图 1 Yuille 所定义的眼睛模板

变形模板方法以 2 条抛物线或抛物线与其他曲线的组合形状作为眼睛轮廓的先验形状, 通过调整定义组合形状的参数达到收敛来最终确定眼睛轮廓的形状; 也就是说, 变形模板最终确定的形状一定是预先确定组合形状集合中的一种。在实际中, 眼睛的轮廓因人而异, 往往只是近似或部分近似为已定义的先验形状, 最终的收敛形状就很难完全符合实际情况。因此, 需要一种能够提取眼睛“真正”轮廓的方法。

以上眼睑为例, 大多数的眼睛模板都把上眼睑轮廓设计为抛物线, 但是上眼睑的实际轮廓可能并不是抛物线, 只是近似抛物线而已, 所以, 无论如何调整预先定义参数, 都不

作者简介: 刘伟锋(1979 -), 男, 博士, 主研方向: 表情识别, 图像处理, 模式识别; 汪增福, 教授

收稿日期: 2008-01-10 **E-mail:** liuwfy@ustc.edu

能使模板形状完全符合上眼睑的轮廓。但是, 尽管眼睛的上眼睑轮廓因人而异, 但其形状都近似或部分近似为抛物线, 换言之, 上眼睑的轮廓在某抛物线的附近(图 2), p_0 是一条抛物线, p_1, p_2 是 2 个上眼睑轮廓, p_1, p_2 适合或部分适合某抛物线, 但它们都在某抛物线(例如 p_0) 的附近。如果能够得到抛物线 p_0 的参数, 在其邻域内结合图像信息(例如边缘、对比度)就可以获得上眼睑的真正轮廓。

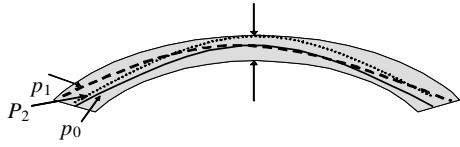


图 2 上眼睑的轮廓区域

投影是一种有效提取图像特征的方法。通常, 一幅二维图像可以由 2 个正交的一维投影函数来分析。维数的降低便于分析图像的特征, 并且减小了计算量, 所以, 投影成为一种重要的图像分析方法。投影从方向上分, 可以分为水平投影和垂直投影; 从投影函数上分, 又可以分为积分投影函数和方差投影函数。本文希望能够从众多的形状中得到最佳的形状参数, 不可能进行简单的水平或垂直方向的投影, 需要先对图像内的形状点进行变换, 对变换得到的参数进行投影, 从而进一步分析以得到希望的参数。

基于以上特点, 提出了提取眼睛轮廓的变换投影方法。其算法主要步骤如下(以上眼睑为例):

(1) 计算眼睛上眼睑轮廓各候选点的形状参数

采用抛物线参数, 设抛物线方程 $(x - x_0)^2 = p(y - y_0)$, 那么决定抛物线形状的参数就是 p 。

(2) 根据眼睛区域的图像信息得到上眼睑的候选轮廓如图 3 所示, 各候选点和两眼眼角点 3 个点可以确定一条抛物线, 计算各抛物线的形状参数 p 。

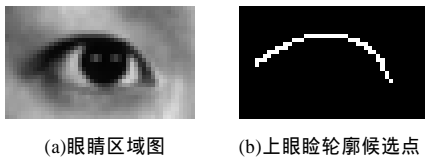


图 3 上眼睑轮廓候选点

对各形状参数进行扩散投影, 选择最佳参数, 即确定候选轮廓点最接近的抛物线。

抛物线参数大多集中在某一区域内, 并不集中到某一点, 对于选择一个参数相对困难, 采用了各参数点扩散投影的方法来获取最佳的形状参数, 即一个参数的投影不是一个点, 而是该参数的一个邻域, 统计所有参数进行扩散投影的直方图分布, 投影区域的极大值点便是最佳参数点(图 4)。

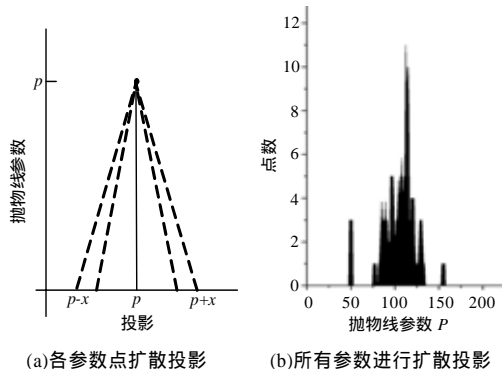


图 4 抛物线参数的扩散投影

根据最佳形状参数计算候选形状区域(抛物线的邻域), 对眼睛上眼睑轮廓候选点进行筛选。

在最佳形状参数确定的抛物线附近, 进行扩展可以得到图 2 所示的形状区域, 在形状区域内对上眼睑候选轮廓点根据抛物线参数进行筛选, 去除抛物线参数相差太大的点, 得到筛选后的上眼睑轮廓(图 5)。对筛选后的上眼睑轮廓点进行调整, 主要是图像连通性的修正, 得到最终的上眼睑轮廓(图 6)。

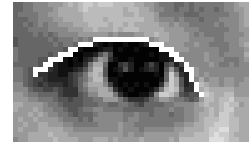
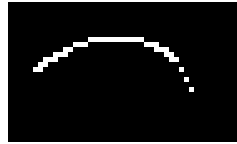


图 5 筛选后的上眼睑轮廓

图 6 修正后的上眼睑轮廓

变换投影方法与变形模板方法的主要特点是: 变形模板首先确定形状, 然后结合图像信息进行寻优, 得到最佳的形状参数, 以此得到最佳的形状, 即最符合图像信息的形状; 变换投影首先确定形状, 然后根据图像信息确定形状参数范围, 进而对图像进行约束筛选, 得到最终形状。当已知图像形状的确切信息, 变形模板可以确定模板的确切参数, 这时变形模板“拟合”的形状和目标形状是一致的, 所以, 也能得到理想的结果, 反之, 当图像形状未知或图像形状不规则而不能确定模板的严格参数时, 变形模板则可能存在误差; 而变换投影则可以在这方面得到改进。

3 利用变换投影提取眼睛轮廓

(1) 混合投影方法获取眼睛区域

对眼睛轮廓的提取, 需要先获得眼睛区域。有很多卓有成效的方法可以对眼睛进行定位和检测^[1-2], 其中投影方法是一种广泛使用的方法。

在投影方法中, 积分投影考虑了均值的变化, 却不能反映均值相同情况下灰度值的变化; 方差投影函数用方差代替均值, 避免了这种情况的发生, 但在方差相同的情况下也会失效。所以这里结合使用 2 种投影函数进行眼睛区域的获取。

(2) 变换投影方法提取上眼睑轮廓

根据检测到的眼睛区域, 计算眼睛的边缘信息(这里选用 canny 算子), 先根据眼珠的球形特点(到眼珠中心距离相等)和眼睛区域范围可以去掉眼珠内部的噪声点和眼脸外部的一部分噪声点, 再根据边缘信息的连通性, 去除非上眼睑轮廓点(图 7)。



图 7 上眼睑轮廓的提取

接着对上眼睑候选轮廓点进行变换投影, 分析得到最佳的抛物线形状参数, 并进行扩展得到上眼睑区域, 根据图像边缘信息排除可疑点(图 5), 进而得到上眼睑的实际轮廓线(图 6)。

(3) 下眼睑的修正

下眼睑的轮廓提取也可以利用变换投影方法, 但实际上有的图像受图像影响, 下眼睑的信息不突出, 很难得到下眼睑的边缘信息(图 7(a)), 这时候无论用变换投影方法还是变形模板方法, 都很难得到下眼睑的准确轮廓。这里根据已经得

到的上眼睑轮廓,利用眼睛的对称信息,对下眼睑进行抛物线拟合,确定下眼睑的形状区域,再结合图像作调整,最终得到下眼睑的轮廓(如图 8)。

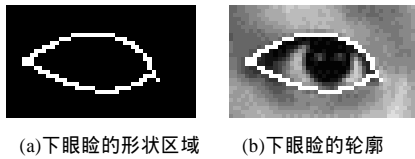


图 8 下眼睑轮廓的提取

4 实验结果

实验中使用了文献[8]的 JAFFE 数据库,通过实验发现,尽管 JAFFE 数据库是一个人脸表情图像库,变换投影的方法对于眼睛轮廓的提取同样也是有效的。图 9 给出了本文方法和基于变形模板方法的实验结果,从图中可以看到变形模板方法,结果不仅受预定义形状的束缚,其迭代还容易收敛到非轮廓点;而利用本文方法虽然部分结果看起来好像不是很“规整”,但它们是实际的轮廓线,而非预定义的“拟合”线。

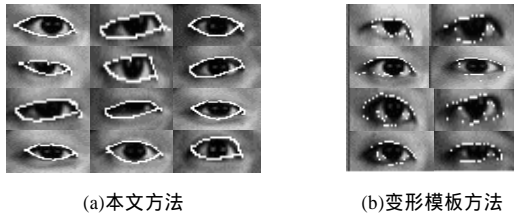


图 9 实验部分结果

5 结束语

本文提出的变换投影方法,根据变换投影确定的形状区域,结合图像信息进行调整,能够摆脱先验形状的约束,得到符合图像源信息的结果,实验证明本文方法的思想是正确而且可行的。

变换投影的方法是一种思想,该思想不仅适用于眼睛轮

廓的提取,也适用于其他轮廓特征(如口型轮廓)的提取,本文的后续工作即是要将该算法应用到人脸口型轮廓的提取,以期最终应用到人脸表情识别系统中。

参考文献

- [1] Yang M H, Kriegman D, Ahuja N. Detecting Face in Images : A Survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(1): 34-58.
- [2] Lai Jianhuang, Yuen P C, Chen Weisheng. Robust Facial Feature Point Detection Under Nonlinear Illuminations[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Computer Vision Workshop on Recognition, Analysis and Tracking of Faces and Gestures in Real-time Systems. Vancouver, Canada: [s. n.], 2001: 168-174.
- [3] Yuille A, Hallinan P, Cohen D S. Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates[J]. International Journal of Computer Vision, 1992, 8(2): 99-111.
- [4] Chow G. Towards a System for Automatic Facial Feature Detection[J]. Pattern Recognition, 1993, 26(12): 1739-1755.
- [5] Xie X, Sudhakar R, Zhuang H. On Improving Eye Feature Extraction Using Deformable Templates[J]. Pattern Recognition, 1994, 27(1), 791-799.
- [6] Yuille A L, Cohen D S, Hallinan P W. Feature Extraction from Faces Using Deformable Templates[C]//Proc. of IEEE Conf. on Computer Vision & Pattern Recognition. [S. l.]: IEEE Press, 1989: 104-109.
- [7] 黄万军, 尹宝才, 陈通波, 等. 基于三维可变形模板的眼睛特征提取[J]. 计算机研究与发展, 2002, 39(4): 495-501.
- [8] Lyons M J, Akamatsu S, Kamachi M, et al. Coding Facial Expressions with Gabor Wavelets[C]//Proceedings of the 3rd IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. Nara, Japan: IEEE Computer Society, 1998: 200-205.

(上接第 195 页)

与障碍物平行的情况,说明障碍物形状对算法没有影响,可解决 Acar 算法中不能处理非光滑障碍物、障碍物边界不能与切线平行的缺陷。

运用 MORCS-1 的反应式行为控制系统,可定位到空闲区域的目标点,从而根据当前时候左、右凸关键点集的状态决定下一个覆盖单元,不需要 Reeb 图表示空闲单元与关键点的关系以保证完全覆盖区域和引导机器人走向未覆盖区域,可解决 Acar 算法中同一切线上不能存在多个关键点的缺陷。

4 结束语

本文在 Acar 算法的基础上,提出一种改进的全区域覆盖算法,可解决 Acar 算法的一些缺陷,在移动机器人 MORCS-1 上进行的实验,验证了本文算法的正确性。受 MORCS-1 物理特性的限制,只设置了一个障碍物的场景,标识和检测已覆盖区域的实验没有在算法中实现。

全区域覆盖必须保证区域覆盖的完全性,再考虑效率。在本算法中,如果多个障碍物位置交叉,将产生多个已覆盖

区域,机器人穿越已覆盖区域的轨迹也是重复覆盖,下一步研究工作是保证覆盖的完全性且较好的覆盖效率。

参考文献

- [1] Huang W H. Optimal Line-sweep-based Decompositions for Coverage Algorithms[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation. [S. l.]: IEEE Press, 2001: 27-32.
- [2] Butler Z. Distributed Coverage of Rectilinear Environments[D]. Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 2000.
- [3] Acar E. Complete Sensor-based Coverage of Unknown Spaces: Incremental Construction of Cellular Decompositions[D]. Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 2002.
- [4] Choset H. Coverage of Known Spaces: The Boustrophedon Cellular Decomposition[J]. Autonomous Robots, 2000, 9(3): 247-253.
- [5] 邹小兵. 移动机器人原型的控制系统设计与环境建模研究[D]. 长沙: 中南大学, 2004.