

文章编号:1007-2276(2001)04-0192-04

人脸外轮廓线的提取方法

陈其杰,张桂林

(华中科技大学图像识别与人工智能研究所

图像信息处理与智能控制教育部重点实验室,湖北 武汉 430074)

摘要:传统的边缘提取算子提取人脸的外轮廓线很难达到理想的效果。文中提出一种基于人脸的几何特征的外轮廓线提取方法:首先采用结合 SOBEL 和 CANNY 算子提取边缘信息,然后利用人脸外轮廓特点去掉杂散的冗余边缘和边缘修补。该算法能够较好地提取人脸的轮廓线,而且定位精度高,满足人脸轮廓特征提取的要求。采用本法方法对 50 多幅人脸图像进行实验,结果验证了方法的有效性。

关键词: 边缘提取; 轮廓; CANNY; SOBEL; 抛物线;

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

New method for facial contour extraction

CHEN Qi-jie, ZHANG Gui-lin

(State Education Commission Key Laboratory for Image Processing and Intelligent Control,

Institute for Pattern Recognition and Artificial Intelligence of Huazhong Univ. of Sci. &Tech, Wuhan 430074, China)

Abstract: It is difficult to get ideal facial contour using conventional edge extraction operator. In this paper, a new contour extraction method was presented. It was based on geometrical feature of human face. At first edges were extracted with the combination of SOBEL and CANNY operators. Redundant edges were removed consequently and useful edges were connected using facial geometrical feature. Satisfactory facial contour and good localization are achieved through this approach to meet the requirement for facial feature detection. Over 50 different face images are tested by this method and it is shown to produce results with high accuracy.

Key words: Edge extraction; Contour; CANNY; SOBEL; Parabola

1 引言

图像特征的自动提取和描述是人脸识别系统的

一个重要环节。由素描知识可知,外轮廓可以作为人脸粗分类的一个特征,通过外轮廓可以将人脸分为“国”“甲”“由”“申”等几大类字型。

作为后续分类识别处理的基础,提取图像外轮廓

收稿日期:2001-01-19; 修订日期:2001-03-05

作者简介:陈其杰(1972-),男,湖南益阳人,硕士,从事人脸识别、图像处理及多媒体应用等方面的研究工作。

线要求单边线,定位精度高,边缘连续性好,杂散的边缘少。目前经典的边缘提取算法诸如 SOBEL、LOG、CANNY^[14]算子等很难获得符合要求而且可靠度高的连续边缘,某些对比度低的地方甚至连边缘都检测不到,因此有必要探讨轮廓提取的新途径。人脸的外轮廓是一条类抛物线的平滑曲线,同时具有对称性^[6]。文中将利用这种几何特性在边缘提取算法处理的基础上去除杂散边缘,同时对人脸轮廓进行连接和修补,以得到连续、单一和定位精度高的外轮廓线。

2 图像的预处理

人脸图像是将标准像通过扫描仪输入计算机的,由于转换器件及周围环境的影响,使图像受到噪声干扰,产生失真。边缘检测常常把噪声当作边缘点检测出来,而真正的边缘没被检测出来。因此,必须去除噪声干扰。为了不损坏人脸图像中的轮廓边缘等重要信息,同时较好地去除噪声,用非线性的中值滤波器去除噪声,可以取得较好的效果。

同时人脸外轮廓线提取过程中的关键是眼睛以下部分的轮廓,因为头顶部分的轮廓因发型改变而变化很大,提取其边缘对于识别没有价值,因此实验中截取双眼以下的部分,既可以提高处理速度,又可以达到提取人脸外轮廓的目的。眼睛的定位采用参考文献^[5]中提到的方法。

眼睛定位后的下一步就是图像截取,首先根据双眼的坐标判断双眼是否在水平线方向上,若图像有偏转,必须将图像沿双眼方向旋转为水平方向。实验中图像截取采用自动和手动相结合的方法,根据人脸的结构特点大致确定一个区域,然后根据需要手动调节。为了达到边缘的对称性把双眼的中线作为截取图像的中线,如图 1 所示。

3 人脸轮廓线的提取

3.1 边缘的初提取

人脸轮廓是阶跃边缘,边缘的模型如图 2 所示,它两边像素的灰度值有显著不同。图 2 中 OU 图像平面上 PP' 是阶跃状边缘, PP' 上每一个像素均是阶跃边缘点。对于阶跃边缘点,图像灰度在它两边的变

化规律是灰度变化的一阶导数在该点达到极值,二阶导数在该点呈零交叉^[2,3]。



图 1 图像预处理 (a) 原图; (b) 中值滤波; (c) 眼睛定位; (d) 图像裁剪

Fig. 1 Image preprocessing (a) original image; (b) median filter; (c) eyes localization; (d) cutting image;

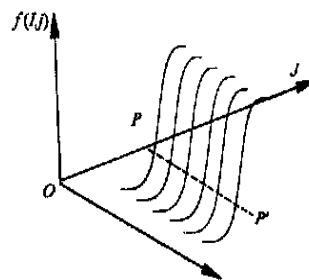


图 2 阶跃边缘模型

Fig. 2 Jumping edge model

阶跃边缘采用一阶微分算子比较有效,经典 SOBEL 算子的优点是简单、计算速度快,缺点是没有考虑图像自身的特点,受噪声干扰大,检测出的虚假边缘多,并且还需要确定一个合适的门限值。而门限的确定往往是非常困难的,如果门限过高,会丢失一些边缘信息,如果门限过低,就产生很多虚假边缘,而后续处理带来很多问题。CANNY 边缘检测算子提出后一直被认为是一种较好的边缘检测算法。它也是一阶算子,其方法的实质是用一个准高斯函数作平滑运算,然后以带方向的一阶微分算子定位导数最大值,它可用高斯函数的梯度来近似,在理论上它很接近四个指数函数的线性组合形成的最佳边缘算子。CANNY 算子具有定位精度高、单一边缘和检测效果好的优点。但是在对人脸图像采用 CANNY 算子检测边缘时,会检测出很多杂散的边缘。

单独采用 SOBEL 算子或 CANNY 算子都不能在人脸轮廓提取中得到满意的结果,而融合 SOBEL 与

CANNY算子得到的边缘信息可以得到比较干净的边缘图。具体方法是首先对用SOBEL算子卷积处理后的图像设定一个门限 T ,得到的图像作为SOBEL边缘图,CANNY算子检测出的边缘图作为CANNY边缘图。SOBEL边缘图与CANNY边缘图相与所得到的边缘图就是初始边缘图。SOBEL边缘图由于取了较高的门限,杂散边缘比较少,在与CANNY边缘图融合时就会去掉CANNY边缘图中很多杂散边缘,也保证了边缘的精度。

经典的SOBEL算子只有水平和垂直两个方向的模板,为了保证边缘不丢失,考虑采用八个方向的模板。图像的每一点都与这八个模板分别卷积,所得最大值为SOBEL算子与图像卷积的输出 $f(x, y)$ 。

$$f(x, y) = \max(f_0, f_{45}, f_{90}, f_{135}, f_{180}, f_{225}, f_{270}, f_{315})$$

式中 f_i ——卷积的结果, i ——角度。

SOBEL门限选择基于图像灰度直方图,因为真正的边缘点在卷积后的图像中占的像素数少但强度大,而噪声产生的边缘点在卷积后的图像中占的像素数多但强度小。从最小强度开始,在直方图上按像素点强度递增的方向累加,把低于某一百分点(如60%)的像素点对应强度定为门限 T ,得到SOBEL边缘图,将确定门限值的百分比称为能量 $Energy$ 。

$$Energy = \frac{N(i)}{total}$$

式中 $N(i)$ ——灰度值 i 对应的像素数;

$total$ ——图像的大小。

3.2 边缘连接

对于正面人像,人像眼睛以下部分轮廓是一条类抛物线的平滑曲线。

$$x - x_0 - c(y - y_0)^2 = 0$$

人脸面部除了眼睛、鼻子和嘴唇等器官外灰度变化相对小,一般不会出现长边缘,而这些器官在面部的分布在以双眼外侧为上底,下嘴唇为下底的梯形区域内,如图3所示。边缘的连接和杂散边缘的消除主要利用人脸图像的这个特点。同时身份证的

人像背景比较单一,背景部分也不会出现长杂散边缘。

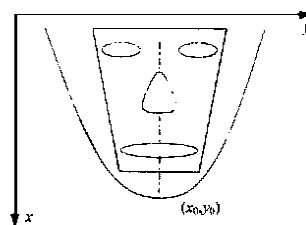


图3 人脸外轮廓模型

Fig. 3 Model of facial contour

耳朵、脖子和面部结合处,灰度变化小,用边缘提取的方法很难得到轮廓线。耳朵部分相应的出现耳朵的轮廓,耳朵和面部交接处的轮廓出现断裂,而根据人脸外轮廓模型,耳朵轮廓的曲率明显和人脸外轮廓部分不同,这样顺着人脸轮廓找到耳朵轮廓,根据曲率变化的突然改变判断耳朵轮廓起始位置,然后用抛物线拟合面部和耳朵部分的外轮廓。将起始点坐标 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) 代入抛物线方程,得到:

$$\begin{cases} x_1 - x_0 - c(y_1 - y_0)^2 = 0 \\ x_2 - x_0 - c(y_2 - y_0)^2 = 0 \end{cases}$$

而 y_0 为双眼的中线纵坐标,这样可以解出抛物线方程,从而修补耳朵部分的外轮廓。

一般脖子部分轮廓曲率变化相对于左右脸颊部分是相反的,根据这个原则可以找到脖子部分的边缘,从而将其去掉。下巴部分由于相对灰度变化小,只能提取到一些断续而且存在漂移的边缘。下巴部分的轮廓线变化比较平缓,用链码跟踪可以找到脖子和脸颊的交接处,在去掉杂散边缘、结合人脸原图的基础上修补下巴部分的边缘。

杂散边缘消除和断续边缘连接步骤:

(1) 根据人脸器官的特点用一个梯形模板去掉面部器官(眼睛、鼻子和嘴唇)的边缘;

(2) 用链码跟踪方法找到每一条边缘,判断其长度,当长度小于门限值时,认为其是杂散边缘,将其去掉;

(3) 根据曲率变化情况,采用链码跟踪找到耳朵部分轮廓的起始点,然后用曲线拟合修补该部分缺

损的轮廓线;

(4) 在边缘图的下半部分,根据曲率变化与人脸外轮廓线相反的特点,从下至上搜索并去掉脖子部分的边缘;

(5) 经过上述步骤后,边缘图上只剩下人脸的外轮廓,不过此时下巴部分的边缘有一些断续并且由有些漂移的多边缘组成,根据人脸外型轮廓的特点,下巴部分是一条连续、平缓的曲线,这样结合原图对边缘图进行修补,最终得到一条连续、单一的外轮廓曲线。

4 实验结果与分析

文中采用的人像是身份证标准像,采用 C 语言实现算法,对 50 多幅不同人脸图像进行轮廓提取实验,实验结果验证算法的有效性。图 4 给出了部分实验结果,(a)为剪裁后图像,(b)为能量值取 0.6 时的 SOBEL 边缘图,(c)为使用 CANNY 算子得到的边缘图,(d)为使用 LOG 算子得到的边缘,(e) SOBEL(能量值为 0.6)和 CANNY 算子结合得到的边缘图,(f)为去除杂散边缘及对边缘修补后得到的轮廓线,(g)为轮廓在原图中的位置。实验结果表明,由于噪声的污染,虽然 CANNY 算子检测的位置较准确,但检测出的边缘过多,给后续处理带来困难。SOBEL 算子检测出的边缘定位不准确,而且是多边缘。而 LOG 算子定位精度低,且不能检测出人脸完整的轮廓,可以看出单靠边缘提取无法获得满意的外轮廓。采用 SOBEL 和 CANNY 算子相结合的方法使杂散边缘大量减少,而且保持了 CANNY 算子定位好的特点,在此基础上对边缘图根据人脸器官分布特点和人脸外轮廓本身特点,去除杂散的边缘,同时将断续的外轮廓连接成连续、单一的外轮廓线。从(h)可以看出轮廓还具有较好的定位精度,满足人脸识别精度的要求。

5 结论

文中提出的方法在提取人脸外轮廓时分为初步边缘提取和杂散边缘的消除及边缘的连接,初步边缘

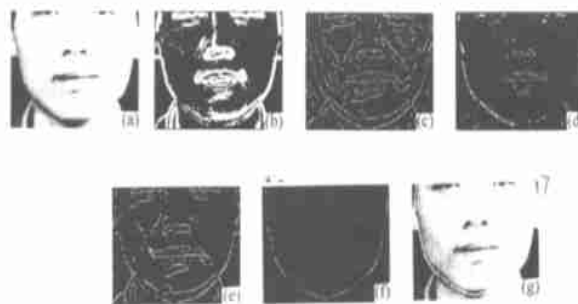


图 4 轮廓提取的实例(a)剪裁后图像(b)SOBEL 边缘图(c)CANNY 边缘图(d)LOG 边缘图(e)SOBEL 和 CANNY 相结合得到的边缘图(f)本文算法得到的轮廓线(g)轮廓线在原图中的位置

Fig. 4 Example of contour extraction(a) Cutting image (b) Edge with SOBEL operator (c) Edge with CANNY operator (d) Edge with LOG operator (e) Edge with the combination of SOBEL and CANNY operators (f) Result contour line (g) Contour line in cutting image

提取采用 SOBEL 算子和 CANNY 算子相结合得到的边缘信息来检测边缘的算法,既克服了 SOBEL 算子检测边缘定位精度不高、需要确定门限、对噪声敏感等缺点,并克服了 CANNY 算子检测出很多杂散边缘等缺点。随后利用人脸几何特征去掉杂散的边缘和边缘修补,从而得到连续、单一、定位精度高的外轮廓线,为以后的人脸识别奠定了很好的基础。

参考文献:

- [1] John Canny. A Computational Application to Edge Detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(6):679-698.
- [2] 郑南宁. 计算机视觉与模式识别[M]. 北京:国防工业出版社,1998.
- [3] 王润生. 图像理解[M]. 长沙:国防科技大学出版社,1995.
- [4] 李军,等. 一种 B 超图像的边缘提取算法[J]. 计算机与数字工程,2000,28(2):13-18.
- [5] 王磊,等. 眼球的自动定位[J]. 红外与毫米波学报,1998,17(5):349-355.
- [6] Xiaobo Li, Nicholas Reoeder. Face Contour Extraction From Front-View Image[J]. Pattern Recognition, 1995, 28(8):1167-1179.