

表情识别中基于轴对称的人眼定位方法

刘洋¹, 季桂树², 王刚²

(1. 中南大学软件学院, 湖南长沙 410083;

2. 中南大学信息科学与工程学院, 湖南长沙 410083)

摘要:提出了一种精确的人眼定位方法。首先初步定位眉眼区域,接着利用先验知识将区域分成左右两类,然后利用邻域关于过虹膜中心的垂直线的轴对称性,以下半圆为邻域,选择轴对称性强的邻域所代表的点作为候选眼睛中心。该方法分析了眉毛和眼睛之间的白块,从而有效地区分了真假眼睛中心。实验结果表明,以这种轴对称性定位眼睛更加精确,速度快,不需要对产生的候选点进行复杂的筛选。本方法适合于表情丰富人脸图像的眼睛定位。

关键词:人眼定位;轴对称;表情识别

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)12-0047-03

Eyes Location Method Based on Axial Symmetry Using for Expressions Recognition

LIU Yang¹, JI Gui-shu², WANG Gang²

(1. College of Software, Central South University, Changsha 410083, China;

2. College of Information Science & Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: An accurate eyes location method was proposed. First it found the areas that contains brows and eyes. Secondly it used transcendental knowledge to classify the areas to left-right areas, then it took advantage of the axial symmetry quality of a half circle about a vertical line which passed the pupil centre. Finally it selected the points which had the highest axial symmetry to be intending eyes centre. Since it analyzed the white block between eye and eyebrow, it effectively distinguish the fake eye centre to the real one. That method based on that axial symmetry was proved more accurate and fast, and it even needn't to do more complex selection to the intending eyes centre. This method fits the eyes location in human face pictures with multiple expressions.

Key words: eyes location; axial symmetry; expressions recognition

0 引言

表情识别和人脸识别有本质的区别,人脸识别考虑的是面部整体信息,通过个体差异来辨别不同的人脸,而表情识别考虑的是人脸特征的局部形变^[1],要尽最大可能消除个体差异带来的干扰。面部表情的大部分信息集聚在眼睛周围和嘴部周围区域,人脸正面图像具有“三庭五眼”的比例关系,根据双眼位置可以大致确定嘴巴位置^[2],因此人眼精确定位对于表情识别有很重要的意义。

基于广义中心对称变换的人眼定位^[3]根据虹膜中心对称强度很大,可以比较好地定位大部分人眼,但

是,在表情丰富的图像中,由于上半个虹膜常常被上眼睑遮住,使得眼睛中心在某个邻域内的中心对称性减弱,这样,真假眼睛中心的中心对称性差别就变小,所以需要过多眼睛候选点,并从中利用先验知识进行筛选。而不论是否出现眼睑遮住上半个虹膜的情况,在某个邻域内,过眼睛中心的垂直线的轴对称性却一直很强。

文中利用眼睛中心的轴对称强度来定位人眼,不仅适用于表情丰富的人脸图像,而且速度快、定位精确。

1 人眼定位流程

对已知人脸图像的人眼定位一般有三个主要步骤:眉眼区域初步定位、选择候选眼睛点、对候选点进行筛选确定眼睛中心。文中将算法细化为如下步骤(如图1所示)。

收稿日期:2008-02-18

作者简介:刘洋(1983-),男,湖南常德人,硕士研究生,主要研究领域为表情识别;季桂树,副教授,主要研究领域为图像处理、数据库。

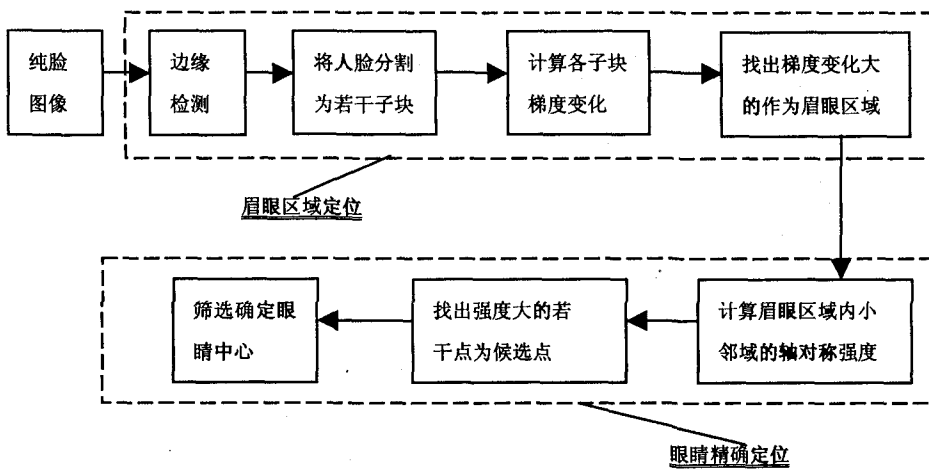


图 1 人眼定位流程

2 眉眼区域定位

文中处理对象为 TIFF 和 BMP 格式没有经过压缩的 256 级灰度图片,为了叙述方便,将图像描述为矩阵形式 $M(i, j)$,由于各个文献的描述方式不同,为避免发生混淆,按图 2 所示描述如下。

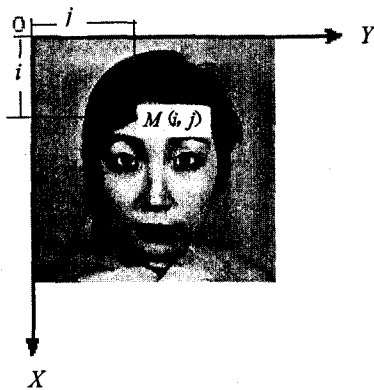


图 2 图像矩阵描述

$M(i, j)$ 为点 $p(i, j)$ 的灰度值。 M 为整幅图像的灰度矩阵。 $M(i_1:i_2, j_1:j_2)$ 为 M 的一个子块图像的灰度矩阵,且 x 的取值为 $[i_1, i_2]$, y 的取值为 $[j_1, j_2]$ 。 $G_x(i, j)$ 为点 $p(i, j)$ 在 x 方向的梯度, $G_y(i, j)$ 为点 $p(i, j)$ 在 y 方向的梯度。

$$G_x = M(i+1, j) - M(i, j) \quad (1)$$

$$G_y = M(i, j+1) - M(i, j) \quad (2)$$

眉眼区域在人脸图像中灰度变化较大,灰度变化可以用梯度表示,将任一矩形图像块 A 的灰度变化量化为

$$V_A = \sum_{p(i, j) \in A} \log(1 + |G_x(i, j)|) \quad (3)$$

相对而言, Y 方向的梯度变化不明显,所以只考虑 X 方向的梯度。为了消除头发、耳朵、衣领等部位的影响,常对原始人脸图像进行纯脸分割,纯脸分割目的就是割下包含眼睛、鼻子、嘴巴的一整块矩形区域,

其方法不在文中讨论之内,一般的人脸检测都会得出一个纯脸区域,对于 JAFFE 表情数据库,直接取左上角坐标为 (80, 70), 右下角坐标为 (210, 200) 的矩形区域。计算梯度之前,对纯脸图像进行边缘检测,得到二值边缘图像,以消除灰度落差大的偶然现象,文中采用 roberts 算子边缘检测获得较好的结果。

得到二值边缘图像后,按一定规则将纯脸图像分割为若干子块,计算各子块的灰度变化值。设以步长 s_x, s_y , 大小 M, N 来分割图像,即每 X 方向间隔 s_x 个像素, Y 方向间隔 s_y 个像素,都提取一个高宽为 M, N 的图像子块,每个子块的位置仅用其起始位置便可标示。可以得出当 $s_x < M$ 或者 $s_y < N$ 时,这些子块是相互重叠的。在计算每个子块的灰度变化时,由于子块相互重叠,计算量很大。文献[4]采用积分图的思想,首先一次性把每个点 $p(x, y)$ 左上方(亦即 $M(1: x-1, 1: y)$)的灰度变化求出来,然后只需进行两次加减法,便可快速得出每个子块的灰度变化,大大降低了时间复杂度。具体算法不再赘述。

步长和子块大小与纯脸图像大小成比例。文中采用步长 6, 6, 大小 25, 25 提取子块,并选取前 15 个变化值最大的子块予以标示,得出眉眼区域初步检测结果如图 3 所示。

传统的人眼定位方法在检测到眉眼区域后,没有将这些区域分类,这样对每个区域都要通过对称变换找出候选点,计算量大,文中利用检测出的纯脸的平均 Y 值为分界线,将眉眼区域分成左右两类,结果如图 4 所示。

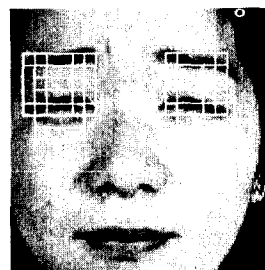


图 3 眉眼区域检测



图 4 眉眼区域分类

3 采用轴对称定位眼睛

根据眉眼区域检测得到的眉眼区域坐标,便可以

计算眉眼区域所有点的轴对称强度。定义点 $p(x, y)$ 在邻域 R (半径为 r 的下半圆) 内的轴对称点集 (如图 5 所示) 为:

$$\Phi(p) = \{(p_1(i, j), p_2(i, 2y-j)) \mid p_1, p_2 \in R\} \quad (4)$$

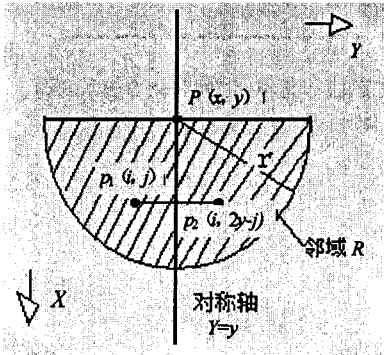


图 5 邻域轴对称点集

$p(x, y)$ 的轴对称强度定义为

$$\Lambda(p) = \sum_{(p_1, p_2) \in \Phi(p)} \Psi(\theta_1, \theta_2) V_1 V_2 \quad (5)$$

$$\theta = \arctan(G_y / G_x) \quad (6)$$

$$V = \log(1 + \sqrt{G_x^2 + G_y^2}) \quad (7)$$

$$\Psi(\theta_1, \theta_2) = (1 - \cos(\theta_1 + \theta_2))(1 - \cos(\theta_1 - \theta_2)) \quad (8)$$

V_1, V_2 分别与点 p_1, p_2 的梯度

模成正比关系, θ_1, θ_2 为这两点梯度的方向角, 对于公式(5), 某些场合还要乘上一个距离权函数, 由于此函数比较复杂, 对结果影响很小, 文中略去此函数。对于半径 r 的取值, 一般来说略小于虹膜半径, 这样的定位效果最佳, 由于事先并不知道虹膜的半径, 常取 r 为纯脸宽度的 $1/20$ 。对于 JAFFE 人脸表情库, 文中取 r 值为 6。这样, 公式(5) 通过综合邻域内各点梯度模以及方向角, 对轴对称性进行了量化。需要指出的是, 文献 [5] 在计算中心对称强度的时候, 采用了离散对称变换的思想, 降低了时间复杂度。采用轴对称时也可对此进一步研究。

对左右两个眉眼区域, 分别取轴对称强度最大的几个点 (文中取 5 个), 求其平均值, 便可以得到眼睛中心的坐标, 由于表情的丰富多样, 当眉毛很浓而眼睛眯起的时候, 可能将眉毛误定为眼睛, 为了避免此类情况的发生, 根据先验知识, 当因微笑而眯起眼睛的时候, 眉毛和眼睛之间会出现很大的白块, 至于白块的大小要根据人脸图像的大小而定, 对于 JAFFE 人脸库, 文中取高 5 像素、宽 10 个像素, 从眉眼区域的平均水平位置 $X = \text{avg}(x)$ 开始向上搜索这样的白块, 找出白块的最大 x 值, 此时只要判断候选点是否在白块的下面, 是

则保留, 否则丢弃。经过这样几个步骤, 便可精确地定位眼睛。

4 实验结果与分析

分别用传统的中心对称算法和本算法对 JAFFE 的 213 张规格为 $256 * 256$ 像素的不同表情的图像进行了实验, 图 6 是部分实验结果, 其中第一行为传统方法的结果, 第二行为本方法的结果。

这是 JAFFE 中比较典型的人脸图像, 包含各种表情以及脸部倾斜, 眉毛很浓, 光照条件差, 眯起眼睛等状态, 从图 6 中可以看出, 本方法定位比较准确, 比传统方法更逼近眼睛中心。

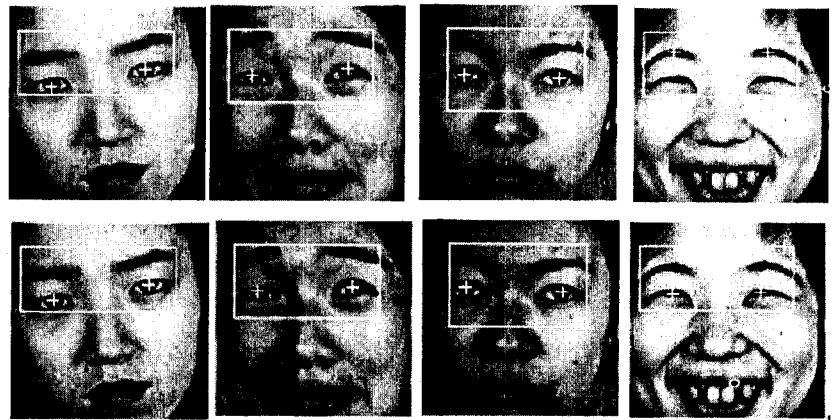


图 6 实验结果

5 结束语

眼睛定位作为人脸识别与表情识别的重要步骤, 研究者对此环节的算法做了大量研究, 提出的方法各有所长, 却也不乏其局限性, 例如算法时间复杂度高, 准确率低, 算法本身难于实现等等, 究其原因, 皆源于人脸面部的非刚体性质, 加之面部表情复杂, 使算法的鲁棒性下降。

由于本方法利用先验知识, 对眉毛和眼睛之间的空白进行了分析, 有效地区分了真假眼睛, 在眼睛眯起几乎不可见的情况下也能定位出眼睛中心位置。对于时间复杂度, 不仅采用了文献 [4] 的积分图思想, 较快地对眉眼区域进行初步定位, 并对初步定位的眉眼区域进行了分类, 产生的候选点少而集中, 节省了候选点筛选的时间。试验证明, 本算法准确度高, 时间复杂度低, 且算法不难实现, 对面部表情丰富的人脸图像具有很好的适应性, 特别适合于表情识别中的特征定位。

参考文献:

[1] 陆慧聪. 面部表情识别系统中表情特征提取与识别算法

将蚂蚁 k 所在的城市放到蚂蚁 k 的禁忌表;
 蚂蚁 k 以转移概率 p_{ij}^k 选择下一城市。

步骤 3: 求出最优解, 将最优解赋予蚂蚁 m , 并保存最优解。

步骤 4: if 最优解蚂蚁 m 的参数 $\alpha \geq 5$

 最优解蚂蚁 m 的参数 = 最优解蚂蚁 m 的参数 $\alpha + 5$;

 else

 最优解蚂蚁 m 的参数 $\alpha = 5$;

 最优解蚂蚁 m 的参数 $\beta = 1$;

步骤 5: 按式(3)更新每条边 $\Delta\tau_{ij}$;

 按式(2)更新每条边 $\tau_{ij}(t+n)$;

 设置 $t = t + n$;

 设置每条边的 $\Delta\tau = 0$;

步骤 6: 设置 $N_C = N_C + 1$;

 if ($N_C <$ 预定迭代次数)and(无退化行为)

 then 清空禁忌表, 回到步骤 2;

 else

 输出最优结果。

3 实验结果及分析

针对 TSPLIB 中的 Att48、St70 和 Eil76 问题, 文中采用基本蚁群算法和改进的蚁群算法进行了仿真实验。表 1 分别列出了基本蚁群算法和改进的蚁群算法在求解相同 TSP 问题时的解路径长度。其中: TSPLIB 最优解为 TSPLIB 库中已知城市的最优解值; N_C 为最大循环次数, 解路径和时间分别为基本蚁群算法和改进的蚁群算法所求得的最短路径长度和求解时间。表中时间的结果是取仿真实验中 10 次测试的平均值(单位是 μs)。有关参数取值为: $N_C = 50, \alpha = 1, \beta = 5, \rho = 0.6$ 。

表 1 基本蚁群算法和改进的蚁群算法的算法结果

城市规模	TSPLIB最优解	基本蚁群算法		改进的蚁群算法	
		最优解路径	时间	最优解路径	时间
Att483	33523.7085	33716.598	640.8	33523.7085	550.4
St70	678.5975	679.9358	1500.7	677.1076	951.3
Eil76	545.3876	559.6113	1387.9	555.0587	1162.1

由表 1 的实验结果可以看出, 改进的蚁群算法在收敛速度和最佳解路径的结果两方面都要优于基本蚁群算法。同时, 在实验中对于不同的问题设定的蚂蚁数目 m 和信息素挥发度 ρ 的值都不相同。通过实验发现, 这些参数的调整对解路径的值影响很大, 而这些值的设定又有一定的随机性。仿真实验结果表明: 通常蚂蚁数目 m 的值取为城市的规模, ρ 取值在 0.5 ~ 0.99 之间, 在此设定下解值较好^[5]。

4 结束语

文中介绍了一种改进的蚁群算法, 在基本蚁群算法中提出了保留最优解和引入个体差异策略的两点改进方法, 用于提高算法的收敛速度和全局搜索能力。改进的蚁群算法性能在 TSPLIB 中 Att48、St70 和 Eil76 问题上得到了验证。

仿真实验表明, 保留最优解和引入个体差异策略的蚁群算法, 不仅在运行效率上有很大的提高, 而且在求解最佳解路径时也存在一定的优势, 其收敛速度和解的质量都明显优于基本蚁群算法。但在参数选择时有一定的偶然性, 缺乏理论指导, 有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] Dorigo M, Maniezzo V. A Colony Ant System: An Autocatalytic Optimizing Process[R]. [s. l.]: [s. n.], 1991.
- [2] Dorigo M, Maniezzo V, Colomni A. The Ant System: optimization by a colony of cooperating agents[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, 1996, 26 (1): 1 - 13.
- [3] Wu Q H, Zhang J H, Xu X H. An ant colony algorithm with mutation features[J]. Journal of Computer Research & Development, 1999, 36 (10): 1240 - 1245.
- [4] 李士勇. 蚁群算法及其应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
- [5] Dorigo M, Gambardella L M. Ant colony system: A cooperative learning approach to the traveling salesman problem[J]. IEEE Transactions on Evolutional Comutation, 1997, 1(1): 53 - 66.

(上接第 49 页)

的研究[D]. 南京: 东南大学论文, 2006.

[2] 宋家涛. 基于二值边缘图像的眼睛定位和人脸识别[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

[3] Reisfeld D, Wolfson H, Yeshurun Y. Context-Free attentional operators: the generalized symmetry transform[J]. Interna-

tional Journal of Computer Vision, 1995, 14(2): 119 - 130.

[4] 张志刚, 周明全, 耿国华. 一种改进的人脸图像眼睛快速定位方法[J]. 计算机应用, 2007, 27(2): 340 - 342.

[5] 刘文予, 潘峰. 离散对称变换在人脸图像眼睛定位中的应用[J]. 红外与毫米波学报, 2001, 20(5): 375 - 380.