

基于人眼定位的人脸检测与归一化算法

金 燕, 陶 亮

(安徽大学 计算智能与信号处理教育部重点实验室, 安徽 合肥 230039)

摘 要:文中针对复杂背景下多姿态静态人脸图像,提出了一种通过对眼睛这一特征的自动检测与定位,从而实现对人脸检测的新方法。首先对原灰度图像做边缘灰度加强;然后结合根据人脸几何特征先验知识建立的人眼位置判定准则,在分割阈值递增的过程中,寻找能分割出双眼眼块的最优分割阈值;最后用两维相关系数作为对称相似度来检验检测出的双眼的真实性,并利用找到的双眼图像垂直方向的灰度积分投影,精确定位瞳孔中心。对彩色图像,利用肤色在 YCbCr 颜色空间的分布特性建立肤色模型,粗略找出肤色区域,进行灰度变换后,再采用上述方法检测人脸。最后提出一种脸相归一化方法,便于进一步的提取特征工作。实验结果证实了文中方法在速度和准确性方面具有良好的性能。

关键词:人眼定位;人脸检测;YCbCr 模型;阈值递增;灰度积分投影

中图分类号:TP301.6

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2009)04-0095-03

Face Detection and Normalization Based on Localization of Human Eyes

JIN Yan, TAO Liang

(Ministry of Education Key Lab. of Intelligent Computing & Signal Processing, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: For still face images with complex backgrounds and multiple postures, presents a new algorithm for face detection based on automatic detection and localization of human eyes. First, edge grayscales in all face images are enhanced. Second, based on the determination criterion of eye location established by the prior knowledge of geometrical facial features, the optimal threshold to separate the two eyes blocks can be found through progressive thresholding. Third, the 2-D correlation coefficients are used as a symmetry similarity measure to check the truth of detected eyes. Finally, make vertical gray-level integration projection of two eye images to locate pupil centers. In color face images, the properties of YCbCr space can be utilized to build up skin model and find skin color district roughly. The images with found skin color districts can be transferred to grayscale images, then, the above algorithm can be used to detect faces. At last, a normalization approach for face images is introduced, which is convenient for further work of face feature extraction and face recognition. The experimental results demonstrate the good properties of the proposed algorithm in speed and accuracy.

Key words: eye location; face detection; YCbCr model; progressive thresholding; gray-level integration projection

0 引 言

人脸自动识别方法的研究已成为当前模式识别和人工智能领域的一个研究热点^[1]。保安系统、信用卡确认、罪犯识别、海关过境检查等对其有广泛的应用需求。由于人两眼的位置和间距受光照或表情变化的影响最小,只要人眼被精确定位,脸部其他特征可由潜在分布关系比较准确定位,能方便的实现脸相的尺寸归

一化^[2]。而准确的检测到人脸也是提取人脸特征从而进行识别的前提和保障。

1 图像的边缘灰度加强

对原始灰度图像进行 Sobel 运算,得到灰度边缘图像,对灰度边缘图像乘以一系数 a ,然后与原始灰度图像相加,得到边缘灰度加强图^[3]。这里取 $a = 80$ 。经过此步预处理,增强双眼与背景和人脸其他部位的灰度差别,使得分割更容易。

2 灰度图像中人眼定位方法

2.1 人眼位置的判定方法

首先用某一阈值 T 将包含人脸的灰度图像二值化;然后对二值化图像进行“Majority”形态运算,以去

收稿日期:2008-07-18

基金项目:国家自然科学基金项目(60572128);安徽大学人才队伍建设项目和创新团队基金

作者简介:金 燕(1984-),女,安徽安庆人,硕士研究生,研究方向为数字信号与图像处理、模式识别;陶 亮,博士,教授,博导,研究方向为数字信号与图像处理模式识别。

除二值化图像中小的黑斑点;再对二值化图像中黑色块进行标记,计算每块面积(像素数)、确定每块的外接矩形位置及宽高。

人眼位置的判定是根据眼睛在二值化人脸图像中的几何位置确定的,主要有以下几条准则:

- ①双眼中心距应在某个范围内。
- ②双眼的下方一定距离内不能有其它黑块。
- ③双眼的中心位置上下相差不超过一定距离。
- ④眼块所包含的像素数应在某个范围内。
- ⑤眼块的外接矩形应是一宽大于高的矩形或接近于正方形。

⑥与图像四边接壤或非常接近的块不是眼块。

2.2 分割阈值递增法求最佳分割阈值

经对多幅在复杂背景及不同光照条件下人脸图像的直方图分析发现,绝大多数情况下最佳分割阈值位于直方图低灰度区的第一个峰点对应的灰度值与 0.6 (即 154/256 灰度级)之间^[4],并且最佳分割阈值一般不会小于 0.1。

设直方图低灰度区的第一个峰点为 T_0 ,选择一适当的步长 T_{step} 递增初始阈值 T_0 (在 T_0 到 0.6 区间搜索),以每一新的阈值 T 二值化人脸灰度图像,并按人眼位置判定准则检测人眼黑块是否出现。随着阈值的不断增加,可以看到二值化人脸图像中新黑块在不断地出现,已有的黑块面积在扩展并不断地与别的黑块相重合。一旦在某个阈值下检测到双眼黑块出现,此时的阈值即为最优分割阈值。如图 1 所示。

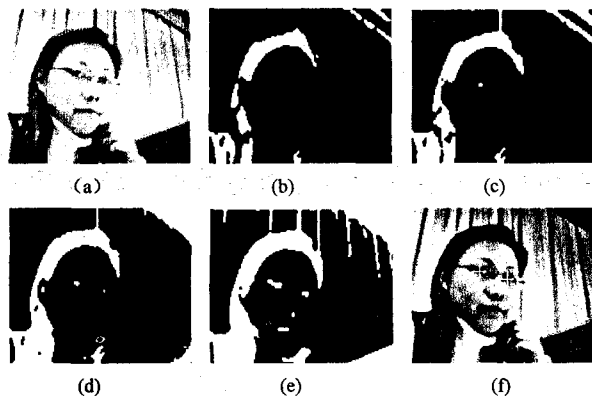


图 1 分割阈值递增、检测及定位双眼的整个过程

图中,(a)原始灰度图像;(b)~(e)二值化图像, $T_0 = 0.12$, $T_{\text{step}} = 0.06$ 。当阈值在图(e)中变为 0.3 时,双眼黑块被检测出来(双眼对称相关系数为 0.8435);(f)白十字表示双眼定位结果。

2.3 验证双眼黑块真实性并精确定位瞳孔中心

黑块的几何中心不一定是瞳孔中心。精确地找出检测到的双眼黑块的瞳孔中心方法如下:

将此黑块对应于原灰度图像的灰度值归一化到

[0,1]区间(其中 0 代表白色,1 代表黑色),做垂直方向上的灰度积分投影 $F(X)$ (每个垂直方向上的灰度值的累加和)^[5]。由于瞳孔的颜色较深灰度值较大,所以瞳孔的中心横坐标(X_c)应该对应于灰度积分投影的最大的波峰处(F_{max}),纵坐标取此眼块在垂直方向上的中点(Y_c)。如图 2 所示。

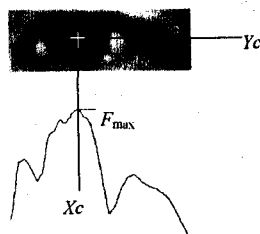


图 2 灰度积分投影求瞳孔中心

分别以检测到的左、右眼块中心为中心从原灰度图像中切割出大小为 $M \times N$ (如 21×21) 的小块灰度图像 A_L 和 A_R ,将图像 A_R 沿左边缘翻转 180 度得到 B_R ,如图 3 所示。按下式计算 A_L 与 B_R 的相关系数:

$$r = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [A_L(m, n) - \bar{A}_L][B_R(m, n) - \bar{B}_R]}{\sqrt{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [A_L(m, n) - \bar{A}_L]^2 \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [B_R(m, n) - \bar{B}_R]^2}}$$

\bar{A}_L 、 \bar{B}_R 为类度均值。

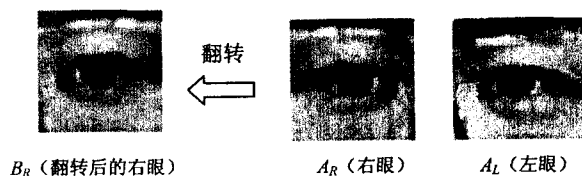


图 3 灰度图像 A_L 和 A_R ,以及将 A_R 沿左边缘翻转 180 度得到的灰度图像 B_R

若检测到的双眼黑块是真实的, r 一般应大于或等于 0.5;若 r 小于 0.5,说明检测到的双眼黑块真实性比较低,此时应继续分割阈值的递增过程,寻找 r 大于或等于 0.5 时对应的双眼黑块;若分割阈值在 T_0 到 0.6 区间寻优搜索完毕后, r 始终小于 0.5 且大于 0,则选择最大 $r(r_{\text{max}})$ 对应的一对黑块为双眼黑块;若 r 始终小于或等于 0,说明没有检测到双眼。

3 彩色图像人眼定位算法

利用色彩信息在一定程度上可将人脸与大部分背景区分开来。在人眼定位过程,若能将人眼检测区域限制在人脸部位,无疑会提高人眼定位算法的准确性和速度。

3.1 肤色模型空间的选择

文中采用 YCbCr 空间来构建皮肤颜色分布模型,它具有离散性、与人的视觉感知过程类似的构成原理、将亮度分量分解出来、肤色聚集区域紧凑等优点^[6]。

从 RGB 空间到 YCbCr 空间的转换如下:

$$Y = 16 + 65.481 * R/255 + 128.553 * G/255 + 24.966 * B/255$$

$$Cb = 128 - 37.797 * R/255 - 74.203 * G/255 + 122 * B/255$$

$$Cr = 128 + 112 * R/255 - 93.786 * G/255 - 18.214 * B/255$$

经过对 100 张不同光照亮度的人脸图片中的大量像素点的统计,得到人脸肤色中 Cb,Cr 分量满足如下关系: $126 < Cr < 172$; $95 < Cb < 131$ 。考虑到人脸图片中人脸区域一般不会太亮或太暗,为了增加分割的准确性,对 Y 分量做了限制: $60 < Y < 230$ 。

3.2 肤色区域的分割

1) 将原彩色图像 $I_c(x, y)$ 的颜色空间从 RGB 空间转换到 YCbCr 空间 $I_y(x, y)$ 。

2) 对原彩色图像的每一像素 (x, y) 的 Y,Cb,Cr 值判断是否属于上述的各分量的范围,若是,令二值分割图像 $S(x, y) = 0$,否则令 $S(x, y) = 255$ 。

3) 对 $S(x, y)$ 进行 Majority 形态运算,以便取去除其中的小的肤色块。

4) 对 $S(x, y)$ 中的每个连通的肤色块进行标记,算出每个肤色块的大小,其中最大的肤色块就是人脸块。以此块的四个边界的值对原图像 $I_c(x, y)$ 进行分割,得到人脸的大致区域(长方形区域)。

对分割出的人脸区域图像,进行灰度变换,接下来用上述方法在灰度图像中进行人眼定位。如图 4 所示。

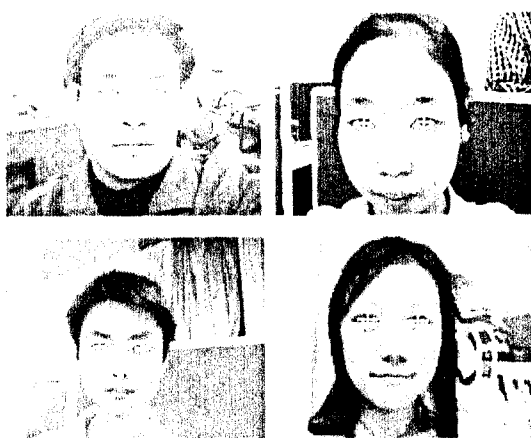


图 4 彩色图像中人眼定位结果实例

4 人脸图像归一化

为了将人脸部分从图像中提取出来,也为了在人脸识别系统中提取有效的人脸特征,对图像进行几何的归一化处理^[7](如图 5、图 6 所示),主要步骤如下:

1) 旋转:旋转人脸图像使两眼中心 E_R, E_L 连线 $\overline{E_R E_L}$ 保持水平。

2) 裁剪:以两眼中心距 $d = \overline{E_R E_L}$ 为参照距离,以两眼中心连线中点 O 为参照中心,沿中心的左、右、上、下方向距离分别为 $d, d, 0.5d, 1.5d$ 切割出大小为 $2d \times 2d$ 的人脸图像。

3) 尺度变换:将上述 $2d \times 2d$ 的人脸图像放大或缩小到 64×64 像素点。这使得两眼中心距 d 为定长(32 个像素点)。

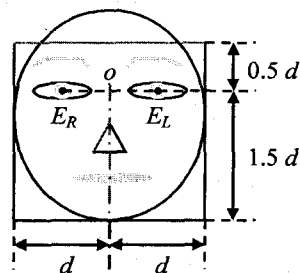


图 5 人脸图像剪切比例示意图



图 6 用该方法提取到的归一化人脸图像

5 文中方法的仿真实验

按照准正面人脸图像拍摄要求,建立人脸数据库:5 人每人 10 张,共 50 张彩色人脸图片。实验中使用 P4 2.4GHz, 512 内存计算机。定位人眼的准确率为 99.2%。定位平均时间是 0.6s。文中的算法高效,并且对于一定的脸部倾斜、表情、眼镜、光照等情况均有良好的检测效果。

6 结束语

文中从快速实用的角度考虑,提出在有复杂背景的灰度图像中基于人眼定位的人脸检测算法,在速度和准确性方面具有良好的性能。在彩色图像中,运用脸部肤色信息缩小检测人眼的搜索区域,在缩小的人眼检测区域再利用灰度图像中人眼定位算法,这样对图像拍摄及背景限制条件的要求相对比较宽松,可以提高人眼搜索的效率和准确度。通过对脸像的几何归一化,可在一定程度上获得人脸表示的几何不变性,基本消除头发和背景的干扰,有利于人脸特征的提取和人脸识别。

(下转第 104 页)

Center, 1998.

- [3] 周明中, 龚 俭. 数据流管理系统综述[J]. 计算机工程, 2006, 32(2): 10-12.
- [4] Post G V. Database Management Systems: Designing and Building Business Applications[M]. 3rd Edition. 冯建华, 刘旭辉, 周维续译. 北京, 机械工业出版社, 2006.
- [5] 金澈清, 钱卫宁, 周傲英. 流数据分析与管理综述[J]. 软件学报, 2004, 15(8): 1172-1181.
- [6] Terry D, Goldberg D, Nichols D, et al. Continuous queries over append-only databases[C]//In Proc. of the 1992 ACM SIGMOD Intl. Conf. on Management of Data. San Diego, California: [s. n.], 1992: 321-330.
- [7] Arasu A, Babu S, Widom J. An Abstract Semantics and Concrete Language for Continuous Queries over Streams and Relations[R]. US: Stanford University, 2002.
- [8] Sullivan M, Heybey A. Tribeca: A System for Managing Large Databases of Network Traffic[C]//In Proc. USENIX Annual Technical Conf. New Orleans, Louisiana: [s. n.], 1998.
- [9] Carney D, Cetintemel U, Cherniack M, et al. Monitoring

streams - A New Class of Data Management Applications [C]//In Proc. Int. Conf. on Very Large Data Bases. Hong Kong: [s. n.], 2002: 215-226.

- [10] 萨师焯, 王 珊. 数据库系统概论[M]. 北京, 高等教育出版社, 2000.
- [11] Golab L, Bijay K. On Concurrency Control in Sliding Window Queries over Data Streams[C]//In Proceeding 10th International Conference on Extending Database Technology. Munich, Germany: [s. n.], 2006: 608-626.
- [12] Babcock B, Data M, Motwan I R. Sampling from a moving window over streaming data[C]//In ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. San Francisco, CA, USA: [s. n.], 2002.
- [13] 葛君伟, 公丕强, 刘兆宏. 一种存储和索引历史数据流数据的方法[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(6): 104-106.
- [14] Giannella C, Han J, Pei J, et al. Mining Frequent Patterns in Data Streams at Multiple Time Granularities[C]//In Kargupta et al. Data Mining: Next Generation Challenges and Future Directions. [s. l.]: MIT/AAAI Press, 2004.

(上接第 97 页)

参考文献:

- [1] 梁路洪, 艾海舟, 徐光祜, 等. 人脸检测研究综述[J]. 计算机学报, 2002, 25(5): 449-458.
- [2] Hafed Z M, Levine M D. Face recognition using the discrete cosine transform[J]. International Journal of Computer Vision, 2001, 43(3): 167-188.
- [3] 于威威, 滕晓龙, 刘重庆. 复杂背景下人眼定位及人脸检测[J]. 计算机仿真, 2004, 21(12): 185-188.

- [4] 陶 亮, 庄镇泉. 复杂背景下人眼自动定位[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(1): 38-42.
- [5] 冯建强, 刘文波, 于盛林. 基于灰度积分投影的人眼定位[J]. 计算机仿真, 2005, 22(4): 75-77.
- [6] 吕东辉, 王 滨. YCbCr 空间中一种基于贝叶斯判决的皮肤检测方法[J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(1): 47-52.
- [7] Tao Liang, Zhuang Zhen-quan. An effective approach for frontal face verification[J]. Journal of Image and Graphics, 2003, 8(8): 860-865.

(上接第 100 页)

署的兴趣, 可以使用防御模型作为增值服务来为用户提供更好的服务, 从而增加收入项目, 因此 ISP 也就有相当大的兴趣来部署。另外, 所有必要的防御措施都由最后的 ISP 来管理, 它是防御模型的受益者。

在以后的工作中, 比率控制方法仍然是一个重点, 在网络拥塞的节点可以考虑对流量进行一定的疏导, 保证正常流量尽可能不受到攻击的干扰。另外在 IPv6 的情况下, 20 位标记位性能的提高也有待验证。

参考文献:

- [1] Schneier B. Secrets and Lies: Digital Security in a Networked World[M]. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [2] Belenky A, Ansari N. On deterministic packet marking[J]. Computer Networks, 2007, 51: 2677-2700.
- [3] Burch H, Cheswick H. Tracing anonymous packets to their approximate source[C]//Proc. USENIX LISA Conf. New Or-

leans, LA: [s. n.], 2000: 319-327.

- [4] Stoica I, Zhang H. Providing Guaranteed Services Without Per Flow Management [C]//Proc. the 1999 ACM SIGCOMM Conf. Boston, MA: [s. n.], 1999: 81-94.
- [5] Yaar A, Perrig A, Song D. Pi: a path identification mechanism to defend against DDoS attacks[C]//Proceedings of the IEEE Symposium on Security and Privacy. Berkeley: IEEE Press, 2003: 93-107.
- [6] Yaar A, Perrig A, Song Dawn. StackPi: new packet marking and filtering mechanism for DDoS and IP spoofing defense [R]. US: Carnegie Mellon University, 2003.
- [7] Rivest R L. The MD5 message digest algorithm[S]. RFC 1321, Internet Activities Board, Internet Privacy Task Force, 1992.
- [8] 孙知信, 李清东. 基于源目的 IP 地址对数据库的防范 DDoS 攻击策略[J]. Journal of Software, 2007, 18(10): 2613-2623.