

# 煤矿井下人员签到系统人脸识别算法研究

盛朝强,王 君

(重庆大学 自动化学院,重庆 400044)

**摘 要:**鉴于煤矿安全事故时有发生,利用签到系统准确掌握井下人员出入情况,对煤矿安全生产与救援有着重要的意义。将基于人脸识别的签到系统用于煤矿,遇到光线昏暗、人脸易附着黑色粉尘等因素影响,传统的基于PCA (Principal Component Analysis)的人脸识别算法检测率低。为了解决该问题,论文提出了一种基于KL变换(Karhunen-Loeve Transform)和TAN分类器(Tree-Augmented Naive Bayesian network)相结合的人脸识别方法。该算法通过KL变换使特征点更突出,通过TAN分类器使匹配结果更准确。仿真研究结果表明:该算法既减小了计算复杂度,又提高了人脸识别率。

**关键词:**煤矿井下人员;人脸识别;KL变换;TAN分类器

中图分类号:TP305

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)07-0171-03

## Face Recognition Algorithms of Sign-in System for Underground Coalmine

SHENG Chao-qiang, WANG Jun

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** The coalmine accident happens sometimes. In order to be convenient to rescue, it's significance to know the accurate number of the miners in coalmine or outside. When the traditional face recognition system was used in coal mine, the system meets new problems, such as black, hazy face etc. The detection rate based on PCA (Principal Component Analysis) of traditional face recognition algorithm is low. Aiming at this issue, put forward a face recognition algorithm based on the combination of KL transform (Karhunen-Loeve Transform) and TAN classifier (Tree-Augmented Naive Bayesian network). The algorithm through the KL transform makes feature point more outstanding, through the TAN classifier makes matching result more accurate. Simulation shows that this algorithm not only reduces the computational complexity, but also improves the human face recognition rate.

**Key words:** coal miners; face recognition; KL transform; TAN classifier

## 0 引言

鉴于煤矿安全事故时有发生,利用签到系统准确掌握井下人员出入情况,对煤矿安全生产与救援有着重要的意义。煤矿企业需加强对井下人员出入的签到,及时准确掌握出入井人员数目。随着计算机技术的进步,识别技术得到了快速发展。

早期识别技术如条码、磁条、指纹等信息收集不方便<sup>[1]</sup>、精度低,射频识别技术适应性较差,易受干扰。然而,人脸识别签到具有直接简单、自然友好、精度较高,方便用户接受等优点。人脸识别是人员识别签到系统中的理想技术。

## 1 人脸识别算法

人脸识别算法发展经历了3个阶段<sup>[2]</sup>:

- ① 基于简单背景的人脸识别阶段。主要研究所需的面部特征。如Leung的标志图像特征匹配<sup>[3]</sup>。
- ② 基于人机交互的人脸识别阶段。主要是用几何参数表示人脸正面图像。如基于拉普拉斯人脸识别<sup>[4]</sup>。基于神经网络人脸识别<sup>[5]</sup>、基于小波分析人脸识别<sup>[6]</sup>等。
- ③ 基于实用化发展的机器识别阶段。目前,比较常用的有:基于人脸多特征的<sup>[7,8]</sup>、基于色彩分割的<sup>[9,10]</sup>识别算法等。

然而,具体算法解决的问题是局限的。国内外的研究人员已提出了多种检测识别相结合的方法,如时书剑的Gabor滤波和KPCA<sup>[11]</sup>等。

在煤矿井下人脸签到系统遇到新的难题,如光线昏暗,人脸易附着黑色粉尘干扰,传统主成分分析法<sup>[12]</sup> (Principal Component Analysis, PCA)的人脸识别算法难以适应。系统的抗扰动能力较弱,系统识别率

收稿日期:2011-11-29;修回日期:2012-03-02

基金项目:“211工程”三期创新人才培养计划建设项目(S-09108)

作者简介:盛朝强(1963-),男,副教授,研究方向为信息处理机制、骑车控制及试验系统;王 君(1987-),男,硕士,研究方向为智能信息处理和智能控制、机器视觉。

变低,直接影响了人员的出入签到。

针对以上问题,提出了基于 KL 变换和 TAN 分类器结合的人脸识别方法。

## 2 人脸签到系统算法设计

采用 3 个主要的功能模块来实现人脸签到识别,依次为图像预处理模块、KL 变换模块和 TAN 分类器模块。图像预处理模块主要通过形态学滤波的方法<sup>[13]</sup>、去噪等,提高采集图像的信噪比,是人脸识别的重要前提。KL 变换模块和 TAN 分类器模块的核心算法分别如下:

### 2.1 KL 变换

KL 变换<sup>[12]</sup>是一种最优正交变换,高维图像空间经过 KL 变换后得到一组新的正交基,由这些基可以组成新的低维线性空间。实验将它应用于人脸的特征向量的提取。选取从 20 个井下人员采集的 200 幅,每人 10 幅人脸 ROI(尺寸为 20 \* 20)图像作特征提取的模板。每一幅模板人脸 ROI 图像像素按列相连构成一个 400 维的列向量,这样由 200 个 400 维图像列向量组成特征模板矩阵,向低维线性空间投影。模板特征提取的总均值向量为:  $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N c_j u_j = \frac{1}{4000} \sum_{j=1}^{4000} c_j u_j$ , 其中,  $u_j$  为确定完备正交归一向量,即图像的特征向量。因此  $\xi = E[(x - \bar{x})^T(x - \bar{x})] = E[\sum_{j=d+1}^{\infty} c_j u_j^T \cdot \sum_{i=d+1}^{\infty} c_i u_i] = E[\sum_{j=d+1}^{\infty} \sum_{i=d+1}^{\infty} c_j c_i u_j^T u_i] = E[\sum_{j=d+1}^{\infty} c_j^2]$

令  $\psi = E[x^T x]$ , 则  $\xi = \sum_{j=d+1}^{\infty} u_j^T \psi u_j$  用拉格朗日乘数法,可求出在满足正交条件下,  $\xi$  取极小值的坐标系:  $(\psi - \lambda_j I) u_j = 0, j = 1, 2, \dots, \infty$ 。将特征值  $\lambda_i$  按其大小顺序排列  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_d \geq \lambda_{d+1} \geq \dots \geq \lambda_{\infty}$ , 取前  $d$  项特征值对应的特征向量  $u_j$  组成的坐标系,使向量的均方误差为最小。需采用奇异值分解方法求特征向量。

设  $x_{\max}$  是一秩为  $r$  的矩阵,则存在两个正交矩阵:  $U_{\max} = [u_0, u_1, \dots, u_{r-1}]$  和  $V_{\max} = [v_0, v_1, \dots, v_{r-1}]$ , 以及对角矩阵  $\Lambda_{\max} = \text{diag}[\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{r-1}]$ , 满足  $X = U \Lambda^+ V^T$ 。其中,  $\Lambda_{\max}$  为矩阵  $XX^T$  和  $X^T X$  的非零特征值,  $u_i$  和  $v_i$  分别为  $XX^T$  和  $X^T X$  对应于  $\lambda_i$  的特征向量,  $\sqrt{\lambda_i}$  为  $X$  的奇异值。求出  $S$  的特征值及相应的正交归一特征向量  $u_i$ , 将特征值由大到小排序:  $\lambda_0 \geq \lambda_1 \geq \lambda_{r-1}$ 。其中, 对应的图像的特征向量组:  $U = [u_0, u_1, \dots, u_{r-1}]$ 。

任何 ROI 图像都可以表示为  $U$  的线性组合,其加权系数为 KL 变换的系数。因此,  $U$  具有完全描述 ROI 特征的能力。

### 2.2 人脸分类器的设计

人脸识别系统最主要的是特征提取和分类器的设

计。TAN 分类器是由类结点、属性变量、父结点组成的贝叶斯网络。第一阶段是贝叶斯分类器<sup>[12,14]</sup>的学习,即从模板中数据构造分类器;第二阶段是贝叶斯分类器的推理,即计算类结点的条件概率,对数据进行判断。TAN 分类器的核心是:将构造最大似然树简化为在一个图中寻求最大权重跨度树。

多元正态分布的概率密度函数定义,由最小错误概率判决规则,可得:  $g(U) = p(U|\omega_i) p(\omega_i), i = 1, 2, \dots, N$ 。其中,  $p(\omega_i)$  为  $\omega_i$  发生的先验概率,  $p(U|\omega_i)$  为类别  $\omega_i$  的概率密度函数,  $N$  为类别数。设类别  $\omega_i, i = 1, 2, \dots, N$  的类条件概率密度函数  $p(U|\omega_i), i = 1, 2, \dots, N$  服从正态分布,即有  $p(U|\omega_i) \sim N(\mu_i, \Sigma_i)$ , 上式写为:

$$g_i(U) = \frac{p(\omega_i)}{(2\pi)^{\frac{1}{2}} |\Sigma|^{1/2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} (U - \mu)^T \Sigma^{-1} (U - \mu) \right\}$$

$i = 1, 2, \dots, N$

取对数,由对数函数的单调性,可得新的判别函数  $g_i(U)$ , 不改变分类器性能。消去与模板所属类别无关的项,判别函数  $g_i(U)$  可简化为:

$$g_i(U) = -\frac{1}{2} (U - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (U - \mu_i) + \ln p(\omega_i) - \frac{1}{2} \ln |\Sigma_i|$$

将经 KL 降维变换获得的模板特征向量  $U$ , 代入可得  $g_i(U)$ 。进行 TAN 分类器决策规则:  $\|g_i(U) - g_j(U)\| > e$ , 判断与特征提取特征库的相关性。若成立,属于某人的人脸;否则,不属于某人脸类。其中,  $e (e = 0.0001)$  为检测人脸图像的设定误差。

## 3 实验结果

完整的人脸识别步骤如下:

- ①读入人脸库,计算 KL 变换的生成矩阵;
- ②计算特征值和特征向量;
- ③提取待测试人脸 ROI,计算特征向量;
- ④比较待测试图像和模板图像特征的 TAN 判断函数值,确定待识别的类别。

实验中,采用 8 幅人脸(不同光照、不同角度同一个人的 8 幅图片),降维后的人脸特征向量,分别进行最小距离分类和 TAN 判别分类。其识别结果如图 1 和图 2 所示。

图 1 中第 2 幅光线太暗,第 8 幅光线太强,出现漏检,传统 PCA 不能识别。因为传统的 PCA 方法中,采用的是最小距离分类法,是线性分类法,影响了识别率。然而,采用 KL 变换和 TAN 分类相结合对人脸进行识别时,可以解决以上问题,如图 2。为验证该算法的实际判别效果,将采集的 200 幅人脸图像按上述算法流程进行处理后,得到人脸判别正确率数据。

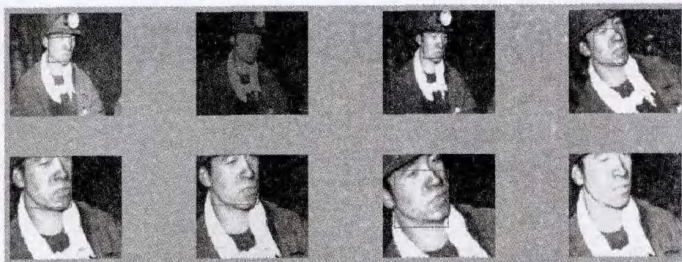


图1 传统PCA人脸识别结果



图2 KL+TAN人脸识别结果

#### 4 结束语

针对煤矿井下人脸识别的识别率低的问题,提出了基于KL变换与TAN相结合的人脸识别方法。首先,利用KL变换降维、优化迭代,消除了模板向量的相关性。然后,提取出人脸某些器官的个性化特征向量,再利用TAN分类器的判断函数值,确定人脸身份,完成人脸签到系统算法的设计。实验表明:在矿井环境下,该算法提高了人脸的识别率,同时减小了复杂度,可适用于基于人脸的签到系统。进一步研究的目标是结合更多的判别方法,解决人脸遮挡的难题。

#### 参考文献:

- [1] 延秀娟. 矿山井下人员人脸检测系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(4): 145-148.
- [2] Yang Ming-Hsuan, Kriegman D J. Detecting faces in images: a survey[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(1): 34-58.
- [3] Leung T K, Burl M C, Perona P. Finding Faces in Cluttered Scenes Using Random Labeled Graph Matching [C]//Proc. of Fifth IEEE Int'l Conf. on Computer Vision. [s. l.]: [s. n.], 1995: 637-644.
- [4] He Xiaofei, Yan Shuicheng. Face recognition using Laplacian faces[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2005, 27(3): 328-340.
- [5] Rowley H A, Bauja S, Kanade T. Neural network-based face detection[J]. IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(1): 23-38.
- [6] Garcia C, Tziritas G. Face detection using quantized skin color regions merging and wavelet packet analysis[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 1999, 1(3): 264-277.
- [7] Turk M, Pentland A. Eigenfaces for recognition[J]. Journal of cognitive neuroscience, 1991, 3(1): 71-86.
- [8] Moghaddara B, Pentland A. Probabilistic visual learning for object representation[J]. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 1997, 19(7): 696-710.
- [9] Kherchaoui S, Houacine A. Face detection based on a model of the skin color with constraints and template matching[C]//2010 International Conference on Machine and Web Intelligence (ICMWI). [s. l.]: [s. n.], 2010: 469-472.
- [10] Rein-Lien H, Abdel-Mottaleb M. Face detection in color images[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(5): 696-706.
- [11] 时书剑, 马燕. 基于Gabor滤波和KPCA的人脸识别方法[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 51-53.
- [12] 冯奇, 田凤占. 基于KL距离的TAN分类器判别性学习方法[J]. 模式识别与人工智能, 2008(6): 806-811.
- [13] 于成龙. 基于PCA的特征选择算法[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(4): 123-125.
- [14] Guo Jingming, Lin Chenchi. Complexity Reduced Face Detection Using Probability-based Face Mask Prefiltering and Pixel-Based Hierarchical-feature Adaboosting[J]. IEEE Signal Processing Letters, 2011, 18(8): 447-450.
- [1] 延秀娟. 矿山井下人员人脸检测系统设计与实现[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(4): 145-148.
- [2] 任参, 刘少君, 黄道平. 一种改进的并行签密方案[J]. 计算机技术与发展, 2010, 20(4): 151-154.
- [3] 蔡庆华. 一个基于椭圆曲线的前向安全的签密方案[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(12): 132-135.
- [4] 王会歌, 王彩芬, 易玮, 等. 高效的无证书可公开验证签密方案[J]. 计算机工程, 2009, 35(5): 147-149.
- [5] Rivest R, Shamir A, Tauman Y. How to leak a secret[C]//Advances in Cryptology-Asiacrypt 2001, LNCS 2248. [s. l.]: Springer-Verlag, 2001: 552-565.
- [6] 王玲玲, 张国印, 马春光. 一种基于双线性对的可验证无证书环签密方案[J]. 计算机应用, 2007, 27(9): 2167-2169.

(上接第153页)