

分类号 TP3 _____

密级 _____

UDC _____

编号 _____

中国科学院研究生院

硕士学位论文

面向确认任务的人脸识别技术研究

杨非

指导教师 赵德斌 教授

中国科学院计算技术研究所

申请学位级别 工学硕士 学科专业名称 计算机应用技术

论文提交日期 2006年5月 论文答辩日期 2006年6月

培养单位 中国科学院计算技术研究所

学位授予单位 中国科学院研究生院

答辩委员会主席 _____

声 明

我声明本论文是我本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，本论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

作者签名：

日期：

论文版权使用授权书

本人授权中国科学院计算技术研究所可以保留并向国家有关部门或机构送交本论文的复印件和电子文档，允许本论文被查阅和借阅，可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编本论文。

（保密论文在解密后适用本授权书。）

作者签名：

导师签名：

日期：

摘 要

自动人脸识别技术包含人脸辨识和人脸确认两类不同的任务。近年来，自动人脸识别技术取得了很大的进展。但是大多数研究工作集中于人脸辨识领域，只有少数文献探讨人脸确认问题，而且没有对人脸确认的特殊性进行深入研究。基于此，本文重点针对人脸确认问题进行了研究，主要工作包括：

(1) 集中讨论了人脸确认任务的特殊性问题，从多个方面对人脸确认与人脸辨识进行了比较，并推导了“首选识别率”、“等错误率”以及“最小错误率和”之间的数学关系，提出了计算系统的辨识和确认性能的数学模型，并使用该模型在理论上证明了：当用户的类内和类间相似度值的分布发生变化时，系统的确认性能和辨识性能遵循不同的变化规律。也就是说：一种辨识性能好的算法，未必具有好的确认性能，反之亦然。

(2) 探讨了确认系统中的阈值设定策略。针对图像表观变化导致的相似度偏移问题，本文讨论了解决该问题的两种方法：用户特定阈值和分值归一。我们通过理论分析，证明了在每个用户只有一幅训练图像时，用户特定阈值与 Z-Norm 分值归一方法的效果等价，并通过实验验证了这一结论。我们在 FERET 和 CAS-PEAL 人脸库上使用多种分类算法进行实验，实验结果表明，与统一阈值方法相比，在多数情况下分值归一方法能有效的改进人脸确认系统的性能。

(3) 研究了基于 SVM 的人脸确认算法。本文在 PCA 和 LDA 子空间中，求取样本的差向量，再使用 SVM 分类器对类内差和类间差进行分类。我们在 FERET 人脸库上将 SVM 方法同多种基准算法进行比较，实验表明：在 PCA 子空间中，使用 SVM 方法对类内和类间差向量进行分类，与传统的直接计算向量相似度相比，能有效提高系统的确认性能，而在 LDA 子空间中，对差向量的 SVM 分类方法不能明显改进确认性能。

(4) 提出了一种新的基于局部二值模式的 SVM 人脸确认算法 (LBP-SVM)。该方法首先提取图像的 LBP 特征，然后计算出局部统计相似度，并将所有的局部相似度连接成相似度向量，最后使用 SVM 分类器对类内相似度向量和类间相似度向量进行分类。对于 FERET 人脸库的所有测试子集，LBP-SVM 方法的确认性能都好于不加权的 LBP 算法。

本文在人脸确认问题上的初步研究结果使我们进一步认识到：尽管确认与辨识在核心技术上是相通的，但确认问题的确存在其特殊性，尤其是相似度偏移问题，应该引起更多的关注。

关键词： 人脸确认，分值归一，支持向量机

Abstract

Automatic Face Recognition (AFR) includes two tasks: *identification* and *verification*. It has received large progress in recent years. However, most research focuses on face identification. Only a few papers concern the verification of faces, yet have little deep research on its special characteristics. This thesis deals with the face verification. The main work of this thesis is as follows:

(1) The specialty of face verification techniques is investigated in this thesis. We compare face verification with face identification from several aspects, and deduce several mathematical relations among the Rate of Top One Match, the Equal Error Rate, and the Minimum Total Error Rate. This thesis presents a mathematical model to compute the identification and verification performance, and uses this model to theoretically prove that the performances of identification and verification follow different rules of change when the distribution of intra and extra class similarity scores change. It suggests that an algorithm with good identification performance does not imply good verification performance, and vice versa.

(2) The thresholding approach in verification systems is studied. To solve the “score variation” problem caused by appearance variation of images, this thesis investigates two methods, Subject Specific Threshold (SST) and Score Normalization (SN). Through theoretical analysis and experiments, we prove that SST and Z-Norm methods can get approximately equivalent effects in case that every subject in the system has only one training image. We perform experiments with multiple methods in both the FERET and CAS-PEAL face databases. The results reveal that SN can improve the performance of face verification system in most cases compared with the unified threshold method.

(3) The SVM based face verification algorithm is investigated in the thesis. We firstly compute the difference vectors in PCA and LDA subspace, then use SVM method to classify intra and inter class difference vectors. The SVM method is compared with several baseline methods using the FERET database. The results show that SVM method can improve the verification performance in PCA subspace. However, it can not achieve better verification performance in LDA subspace.

(4) This thesis proposes a new face verification method based on Local Binary Pattern (LBP) and SVM. This method first extracts the LBP features from face images, then computes the local region similarities and concatenates all the local similarities into a similarity vector. Finally, an SVM classifier is used to classify the intra and inter class

similarity vectors. In all the probe sets of the FERET face database, LBP-SVM method can achieve better performance than non-weighted LBP algorithms for face verification.

The research results in this thesis reveal that, although verification and identification are similar in core techniques, verification has its unique characteristics. In addition, the “score variation” problem requires more attention.

Key words: face authentication, score normalization, support vector machines

目 录

摘 要	I
Abstract	III
目 录	V
第 1 章 绪论	1
1.1 人脸识别技术应用背景	1
1.2 人脸识别技术主要研究方法	2
1.3 本文研究内容和主要贡献	4
第 2 章 人脸确认问题分析	5
2.1 人脸辨识和人脸确认的比较	5
2.1.1 应用背景	5
2.1.2 分类器设计	6
2.1.3 性能评价标准	6
2.2 确认性能的若干性质分析	8
2.3 典型人脸确认评测协议简介	16
2.3.1 FERET 评测	16
2.3.2 FRVT 评测	17
2.3.3 XM2VTS 评测	20
2.4 本章小结	22
第 3 章 分值归一方法	23
3.1 相似度偏移问题	23
3.2 用户特定阈值	24
3.3 分值归一方法	25
3.4 用户特定阈值和分值归一实验	26
3.5 本章小结	29
第 4 章 基于 SVM 的人脸确认方法	31
4.1 统计学习理论和支持向量机	31
4.1.1 统计学习理论	31
4.1.2 最优分类面	32
4.1.3 广义最优分类面	33

4.1.4 支持向量机.....	34
4.2 SVM 人脸确认算法概述.....	35
4.3 基于差空间的 SVM 确认算法.....	36
4.4 基于局部二值模式的 SVM 确认算法.....	38
4.5 本章小结.....	40
第 5 章 总结.....	41
参考文献.....	43
致 谢.....	i
作者简历.....	iii