# 震或识别研究避慮

一2007年全国模式识别 学术会议论文集

■模式识别国家重点实验室 编



## 模式识别研究进展

——2007年全国模式识别学术会议论文集

模式识别国家重点实验室 编

科学出版社

北京

## 模式识别研究进展

2007年全国模式

## 图书在版编目(CIP)数据

IV. 0235-53

模式识别研究进展: 2007 全国模式识别学术会议论文集/模式识别国家重点实验室编. 一北京: 科学出版社, 2007 ISBN 978-7-03-020679-4

I. 模 ··· Ⅱ. 模··· Ⅲ. 模式识别-学术会议-文集

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 180688 号

责任编辑:张海娜/责任校对:陈玉凤责任印制:刘士平/封面设计:王 浩

斜 学 出 版 社 出版 北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717 http://www.sciencep.com

政青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2007年12月第 一 版 开本: A4 (890×1240)

2007 年 12 月第一次印刷 印张: 28 印数: 1—500 字数: 929 000

定价: 80.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换 (双青))

## 2007年全国模式识别学术会议

Chinese Conference on Pattern Recognition (CCPR2007)

2007年12月11日~12日 北京

## 主 办 单 位

中国自动化学会

中国科学院自动化研究所

#### 承 办 单 位

中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会 模式识别国家重点实验室

#### 大会名誉主席

戴汝为

院 士 中国科学院自动化研究所

#### 大会主席

马颂德

研究员 中国科学院自动化研究所

T. S. Huang 院 士 美国伊利诺斯大学

## 程序委员会主席

张 钹

院 士 清华大学

谭铁牛

研究员 中国科学院自动化研究所

## 程序委员会委员(按姓氏笔画排列)

丁晓青 王 珏 冯志伟 田 捷 任福继 刘允才 刘成林

权 龙 吴玺宏 吴福朝 张天序 张长水 张鸿宾 李子青 李 航

庄炳煌

李德毅 杨静宇 汪增福 苏克毅 陈武凡 陈 霖 周志华 周 明

罗述谦 郑南宁 俞士汶 封举富 查红彬 唐远炎 徐 波 袁保宗

贾云得 郭 军 黄伟道 蒋田仔 韩纪庆

### 组织委员会主席

卢汉清 研究员 中国科学院自动化研究所

宗成庆 研究员 中国科学院自动化研究所

#### 组织委员会成员(按姓氏笔画排列)

马丽霞 连国臻 陆 征 陈志义 娄文利 赵 微

## 致 谢

## 评审专家名单(按姓氏笔画排列)

丁晓青 马 波 王飞 王珏 冯志伟 卢汉清 田 捷 任福继 刘文举 刘华平 刘成林 孙哲南 权 龙 吴玺宏 吴福朝 吴毅红 钹 张 张长水 张晓鹏 张鸿宾 李子青 杨静宇 汪增福 苏克毅 霖 周志华 罗述谦 封举富 胡卫明 胡包钢 陈 侯新文 俞士汶 唐远炎 唐 明 袁保宗 贾云得 郭 军 黄伟道 黄凯奇 程 健 蒋田仔 韩纪庆 潘春洪

次 会 五 第 「马频線 即死员 日国科学探问的机研究」可 「马频線 即死员 日国科学探问的机研究」可

程序委员会主席

程序变换金头点(化) (注) (全民作列)

校 龙 美星第二美編朝 混光棒 机豆木 初五

李德毅。何帶等。江準福。苏京於。陈成凡。在二十八十二

罗维娜 利爾子 企士议 封维富 養紅樓 附加 。

**对识称 电电路 那世界 电电路**基本

卢汉谱 研究员 中医神学院食动化研究院

家政民 机成为 电上部引流点数化图 第一

## 前 言

模式识别(Pattern Recognition)是对感知信号(图像、视频、声音等)进行分析,对其中的物体对象或行为进行判别和解释的过程。模式识别能力普遍存在于人和动物的认知系统,是人和动物获取外部环境知识并与环境进行交互的重要基础。研究模式识别的理论和方法,使计算机实现人的视觉、听觉信息处理等模式识别能力,对智能机器的研制、智能人机交互、信息有效利用、人类健康和社会安全等具有重要的意义。

20世纪60年代以来,模式识别研究和应用取得了巨大的进展。1966年,IBM 和 IEEE 组织召开了第一个以"模式识别"为题的学术会议;1972年,第一次国际模式识别大会召开;1974年,国际模式识别协会(IAPR)开始筹建并于1978年正式成立。这些活动极大地推动了模式识别领域的发展。我国学者从20世纪70年代初开始模式识别研究。1981年,中国自动化学会成立模式识别与机器智能(PRMI)专业委员会。作为IAPR的成员组织,PRMI委员会自成立以来陆续主办了全国性模式识别学术会议十多次,并与其他学会协办全国及国际性含模式识别内容的各类会议三十余次和模式识别类的全国竞赛两次,有力地推动了国内模式识别学科的发展和与国际学术界的交流。近年来,模式识别的很多技术在国民经济、国家安全和社会生活中得到了成功的应用和推广,一些新的理论和方法在学术界受到了广泛的关注。同时,应用需求不断地提出新的技术问题,从而推动模式识别理论与方法的进一步发展。

为了进一步促进模式识别研究的快速发展,加强国内外同行间的学术交流与合作,由中国自动化学会和中国科学院自动化研究所主办、中国自动化学会模式识别与机器智能专业委员会和模式识别国家重点实验室共同承办,在北京召开 2007 年全国模式识别学术会议(Chinese Conference on Pattern Recognition, CCPR2007)。会议向国内外同行征集有关模式识别理论方法研究和应用技术开发的学术论文,并邀请国内外知名专家做特邀报告。本次会议自 2007 年 8 月发布征文通知到 9 月 23 日截稿,在较短的征文时间里共收到 117 篇投稿。会议程序委员会委员和部分其他专家应邀对论文进行评审,每篇论文指定 3 名评审专家。在综合专家评审意见的基础上,有 57 篇论文被接收到本次会议上发表。这 57 篇论文的方向分布如下:模式识别基础(分类与学习)10 篇,计算机视觉与图像分析 15 篇,生物特征与生物信号处理 11 篇,文字识别 7 篇,语音和语言处理 5 篇,模式识别和视觉应用 9 篇。

我们热忱欢迎参加本次会议的各地专家和代表,并预祝会议取得圆满成功。

2007 年全国模式识别学术会议 名誉主席: 戴汝为 大会主席: 马颂德, T.S. Huang 程序委员会主席: 张钹, 谭铁牛

## 

## 第一部分 模式分类与机器学习

A Feature Extraction Method Based on Phase Information for Face Recognition ··· Chen Cunjian	(3)
S-学习: 一种模式分类的新方法	(10)
修改 SVM 的微分几何方法及其在 Intro-Exon 分类中的应用	
	(18)
归一化信息增益准则与准确率、精确率、召回率的非线性关系研究 王 泳 胡包钢	(27)
关于互信息学习准则在分类问题中的应用胡包钢 王 泳	(35)
图模型推理的层次消息传递算法	(46)
Out-of-sample Extension for Laplacian Eigenmaps Jia Peng Yin Junsong Hu Dewen	(54)
奇异向量空间树分类器何 萍 徐晓华 陈 崚	(63)
幂激励前向神经网络的权值直接确定法 张雨浓 李 巍 刘 巍 谭满春 陈 轲	(72)
最小体积覆盖椭球容差 SVM 分类器设计新方法	(78)
第二部分 计算机视觉与图像分析	
具有生物智能的动态场景下运动目标鲁棒跟踪方法	(89)
多策略融合的相关反馈技术研究 朱振峰 谢晓霞 赵 耀 卢汉清	(96)
Object Recognition Based on Optimized Gabor Features and SVM Shen Linlin Ji Zhen (	(105)
三维点云拓扑特征的提取技术及应用 张义宽 张晓鹏 籍万新 (	(113)
Variance Active ContourLi Xiaomao Tang Yandong Zhu Linlin (	(125)
基于动态外力场和梯度向量流的主动轮廓线模型 吴荣秋 符红光 王卫民 杨俊华 (	(132)
基于分形维的路标尺度选择及场景图像识别 王 璐 陆筱霞 蔡自兴 (	(139)
OF-SIFT:一个面向立体图对特征点匹配的快速算法 王 琦 汪增福 (	(146)
面向广域视频监控的无重叠视域多摄像机目标跟踪孔庆杰 刘允才 (	(154)
基于序列图像的投影匹配微纳位移检测方法研究詹志坤 董再励 李文荣 刘 柱 (	(162)
Object Categorization Based on Local Feature Selection	
Yang Xin Tang Jinhui Wu Xiuqing (	169)
基于模型匹配和非监督学习的交互式视频检索框架李华北 胡卫明 (	
Region Based Image Segmentation on Unstructured Point Clouds	
Mao Hongda Liu Huafeng Shi Pengcheng (	185)
An IWT-based Hybrid Image Coding SystemLi Peng Li Hua Wang Anna Luo Kai (	190)
一种简便高效的诱饵红外辐射计算方法雷晓露 张天序 (	196)
第三部分 生物特征与生物信息处理	
大熊猫化石的脑成像及其 3D 脑内模的虚拟解剖	
衍射增强成像相位信息提取在生物医学中的应用研究	
胡春红 赵 涛 李 辉 王雪艳 罗述谦 (	211)
Unknown Face Occlusion Removal by Fuzzy Principal Component Analysis	
	217)

Applications of Gabor Filters in Biometrics: A Review	基于 Radon 变换的步态识别系统 王科俊 陈 薇	(223)
Face Recognition Based on Improved Active Appearance Models         Zhan Shu Chang Hong Jiang Jianguo Qi Meibin (240)           基于股型分类的表情识别         规格律 注端 (248)           一种基于差分向量和 KPCA 人脸识别方法         文 概 3 会 施鸭飞 (255)           一种新的人脸姿态参数估计方法         廿俊美 朱 城 胡帛千 (262)           基于割擦式指纹传感器和 DSP 的自动指纹采集系统         杨庆忠 廖庆敏 陈友城 (267)           综选、基于手部特征的生物识别         粉庆忠 廖庆敏 陈友斌 (273)           第四部分 文字识别         村俊美 朱 城 4023)           格子 SVM—双字识别中的新方法         **** *** *** *** *** *** *** *** *** *	Applications of Gabor Filters in Biometrics: A Review	
基于脸型分类的表情识别         Zhan Shu Chang Hong Jiang Jianguo Qi Meibin (240)           基于脸型分类的表情识别         刘伟锋 汪增福 (248)           一种基于差分向量和 KPCA 人脸识别方法         文 額 吕 岳 ം ം 馬 · c (255)           中新的人脸姿态参数估计方法         甘俊美 朱 斌 明升T (262)           基于刮擦式指纹传感器和 DSP 的自动指纹采集系统         所述 外能能 (267)           第四部分 文字识别         路庆忠 廖庆敏 陈友诚 (273)           第四部分 文字识别         A 減 李維翠 桑克龙 夏绍邦 (292)           联机手写字符申识别搜索算法研究         赵 斌 李湘翠 桑克龙 夏绍邦 (292)           基于外机M 识别器的连续手写汉字切分方法         苏线华 张 文 黄虎杰 (306)           基于多特征多级神经网络的脱机手写汉字识别方法         本 食 食 吴丽芸 梅志清 (314)           事负矩阵分解法在汉字偏旁部首抽取中的应用         陈 济华 陈 六君 陈 家 (4 321)           重度污染笔迹图像的去噪与字符提取         邓 伟 陈庆成 都建 (328)           第五部分 语音和语言处理         融合 商和语言处理           融合活言学知识与数据驱动方法进行音素聚类的多语言音素建模方法         五部分 请看和语言处理           融合活的分析         解国栋 程彩虹 王惠皓 黄 今 (348)           基于树库和机器学习的汉语依存句法分析         解国栋 程彩虹 王惠皓 黄 今 (348)           基于种库和机器学习的汉语依存句法分析         解国栋 程彩虹 王惠皓 黄 今 (348)           基于时期视觉的内河航道智能监控系统         海	Luo Qingzhong Chen Youbin Liao Qingmin	(229)
基于脸型分类的表情识别	Face Recognition Based on Improved Active Appearance Models	
一种基于差分向量和 KPCA 人脸识别方法		(240)
一种新的人脸姿态参数估计方法		(248)
基于利擦式指纹传感器和 DSP 的自动指纹采集系统         何遠能 刘能能 (267)           综述: 基于手部特征的生物识别         验庆忠 廖庆敏 陈友斌 (273)           第四部分 文字识别         相本	一种基于差分向量和 KPCA 人脸识别方法	(255)
線区部分文字识别         察庆惠 摩庆敏 陈友斌 (273)           第四部分文字识别         格子 SVM—汉字识别中的新方法	一种新的人脸姿态参数估计方法甘俊英 朱 斌 胡异丁	(262)
第四部分 文字识别  格子 SVM ― 汉字识别中的新方法	基于刮擦式指纹传感器和 DSP 的自动指纹采集系统何通能 刘能能	(267)
格子 SVM— 汉字识别中的新方法	综述:基于手部特征的生物识别	(273)
格子 SVM——汉字识别中的新方法————————————————————————————————————	第四部分 文字识别	
一个实用的支票自动识别系统       超 減 季湘群 梁夷龙 夏绍邦 (292) 联机手写字符申识别搜索算法研究       一 大金伦 周祥东 刘成林 (299) 基于 HMM 识别器的连续手写汉字切分方法       苏统华 张田文 黄虎杰 (306) 基于多特征多级神经网络的脱机手写汉字识别方法       苏统华 张田文 黄虎杰 (314) 非负矩阵分解法在汉字偏旁部首抽取中的应用       陈清华 陈六君 陈家伟 (321) 重度污染笔迹图像的去噪与字符提取       邓 伟 陈庆虎 鄢煜尘 (328) 第五部分 语音和语言处理         融合语言学知识与数据驱动方法进行音素聚类的多语言音素建模方法       五 猛 梁家恩 徐 波 (335) 基于树库和机器学习的汉语依存句法分析		(285)
联机手写字符串识别搜索算法研究       于金伦       周祥东       刘成林       (299)         基于 HMM 识别器的连续手写汉字切分方法       苏统华       张田文       黄虎杰       (306)         基于多特征多级神经网络的脱机手写汉字识别方法       东清华       陈六君       陈家伟       (321)         重度污染笔迹图像的去噪与字符提取       邓 伟       陈庆虎       鄢煜尘       (328)         第五部分       语音和语言处理           (328)         第五部分       语音和语言处理           (328)         基于树库和机器学习的汉语依存句法分析        五 猛 梁家恩 徐 波 (335)                (341)        基于有限状态自动机的英语词法分析       解国标 程彩虹 王惠临 黄 今       (348)         (341)       基于有限状态自动机的英语词法分析               (341)        基于有限状态自动机的英语词法分析          (348) <td< td=""><td></td><td></td></td<>		
基于 HMM 识别器的连续手写汉字切分方法		
非负矩阵分解法在汉字偏旁部首抽取中的应用		frei 44- fr
## (423) 第五部分 语音和语言处理    融合语言学知识与数据驱动方法进行音素聚类的多语言音素建模方法	基于多特征多级神经网络的脱机手写汉字识别方法王文伟 袁 霞 吴丽芸 梅志清	(314)
# 五部分 语音和语言处理  融合语言学知识与数据驱动方法进行音素聚类的多语言音素建模方法	非负矩阵分解法在汉字偏旁部首抽取中的应用 陈清华 陈六君 陈家伟	(321)
融合语言学知识与数据驱动方法进行音素聚类的多语言音素建模方法	重度污染笔迹图像的去噪与字符提取	(328)
基于树库和机器学习的汉语依存句法分析	第五部分 语音和语言处理	
基于树库和机器学习的汉语依存句法分析	融合语言学知识与数据驱动方注进行亲麦聚类的多语言亲麦建模方注	
基于树库和机器学习的汉语依存句法分析       刘海涛 (341)         基于有限状态自动机的英语词法分析       解国株 程彩虹 王惠临 黄 今 (348)         Gmm-Clustering-Based Ubm Reduction for Efficient Speaker Recognition       (356)         一种基于反转隐马尔科夫模型的说话人识别方法       新 郭 玲 王建宇 周献中 (362)         第六部分 模式识别和视觉应用         基于计算机视觉的内河航道智能监控系统       汤一平 柳圣军 周 超 李 雯 (369)         基于模糊约束满足的运动车辆类型识别       李亚奎 卢汉清 (377)         基于之方位视觉的火灾探测       汤一平 金顺敬 李 雯 柳圣军 (384)         基于视频内容的新闻剪辑系统       陈 众 张树武 曾 智 杨武夷 (393)         视觉注意机制在车牌定位中的应用       张国敏 般建平 祝 恩 胡春风 (400)         动态图像理解在智能交通监控技术上的应用       汤一平 严海东 柳圣军 李 雯 楼勇攀 (406)         Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine       Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)         一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用       解 释 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		(335)
基于有限状态自动机的英语词法分析       解国栋 程彩虹 王惠临 黄 今 (348)         Gmm-Clustering-Based Ubm Reduction for Efficient Speaker Recognition       (356)         一种基于反转隐马尔科夫模型的说话人识别方法       新 郭 玲 王建宇 周献中 (362)         第六部分 模式识别和视觉应用         基于计算机视觉的内河航道智能监控系统       汤一平 柳圣军 周 超 李 雯 (369)         基于模糊约束满足的运动车辆类型识别       李亚奎 卢汉清 (377)         基于全方位视觉的火灾探测       汤一平 金顺敬 李 雯 柳圣军 (384)         基于视频内容的新闻剪辑系统       陈 众 张树武 曾 智 杨武夷 (393)         视觉注意机制在车牌定位中的应用       张国敏 殷建平 祝 恩 胡春风 (400)         动态图像理解在智能交通监控技术上的应用       汤一平 严海东 柳圣军 李 雯 楼勇攀 (406)         Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine       Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)         一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用       解 释 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		
Gmm-Clustering-Based Ubm Reduction for Efficient Speaker Recognition		JURIUB A
Shan Zhenyu Yang Yingchun Wu Zhaohui (356)   一种基于反转隐马尔科夫模型的说话人识别方法何 新 郭 玲 王建宇 周献中 (362)   第六部分 模式识别和视觉应用   基于计算机视觉的内河航道智能监控系统   汤一平 柳圣军 周 超 李 雯 (369)   基于模糊约束满足的运动车辆类型识别		(340)
<ul> <li>一种基于反转隐马尔科夫模型的说话人识别方法何 新 郭 玲 王建宇 周献中 (362) 第六部分 模式识别和视觉应用</li> <li>基于计算机视觉的内河航道智能监控系统 汤一平 柳圣军 周 超 李 雯 (369) 基于模糊约束满足的运动车辆类型识别 李亚奎 卢汉清 (377) 基于全方位视觉的火灾探测 汤一平 金顺敬 李 雯 柳圣军 (384) 基于视频内容的新闻剪辑系统 陈 众 张树武 曾 智 杨武夷 (393) 视觉注意机制在车牌定位中的应用 张国敏 般建平 祝 恩 胡春风 (400) 动态图像理解在智能交通监控技术上的应用 汤一平 严海东 柳圣军 李 雯 楼勇攀 (406)</li> <li>Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415) 一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用 解 辉 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)</li> </ul>	그 [12] 그리고 그들은 그는 경기를 보고 있으면 가장 그리고 있는 것으로 되는 것으로 그리고 있다면 하는 것이 되었다면 하는 것이 없는데 이번 가지 않는데 이번 가지 않는데 이번 바로 하는데 바로 없다.	(356)
第六部分 模式识别和视觉应用         基于计算机视觉的内河航道智能监控系统	그는 그는 그렇게 그는 그를 가는 그는 그는 그는 그는 그는 그들은 이 이번 가게 되었다. 그리고 그는 그를 되어 하셨다.	TEST !
基于计算机视觉的内河航道智能监控系统		1   11   17
基于模糊约束满足的运动车辆类型识别       李亚奎 卢汉清 (377)         基于全方位视觉的火灾探测       汤一平 金顺敬 李 雯 柳圣军 (384)         基于视频内容的新闻剪辑系统       陈 众 张树武 曾 智 杨武夷 (393)         视觉注意机制在车牌定位中的应用       张国敏 殷建平 祝 恩 胡春风 (400)         动态图像理解在智能交通监控技术上的应用       汤一平 严海东 柳圣军 李 雯 楼勇攀 (406)         Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine       Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)         一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用       解 挥 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		
基于全方位视觉的火灾探测       汤一平 金顺敬 李 雯 柳圣军 (384)         基于视频内容的新闻剪辑系统       陈 众 张树武 曾 智 杨武夷 (393)         视觉注意机制在车牌定位中的应用       张国敏 殷建平 祝 恩 胡春风 (400)         动态图像理解在智能交通监控技术上的应用       汤一平 严海东 柳圣军 李 雯 楼勇攀 (406)         Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine       Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)         一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用       解 挥 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		
基于视频内容的新闻剪辑系统		flucto at
视觉注意机制在车牌定位中的应用————————————————————————————————————		(384)
动态图像理解在智能交通监控技术上的应用		(393)
Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine  Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)  一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用  解 军 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		(400)
Study for Fault Diagnosis of Analog Circuit Based on Optimal Wavelet Packet Transform and Binary Tree Support Vector Machine  Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)  一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用  解 军 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		
Binary Tree Support Vector Machine  Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)  一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用  解 军 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		(406)
Wang Anna Liu Junfang Liu Xinliu Shi Yongyue (415)         一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用         解 挥 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		
一种颜色的划分和识别方法在唐卡图像分类中的应用	And the second of the second o	
解 军 王维兰 刘华明 梁 弼 (423)		(413)
		(423)
	免测绘型数字交通精确制图软件	(429)

## 第一部分 模式分类与机器学习

승규는 밝

模式分类与机器学习

## A Feature Extraction Method Based on Phase Information for Face Recognition

Chen Cunjian

School of Information Science and Technology, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031, China

Abstract: The illumination changes are one of the main limitations on the applications of facial recognition techniques because the performance can be severely degraded by the illumination interference due to the self shadowing and specular reflections. In this paper, a new illumination invariant face recognition method is proposed to cope with the challenge of illumination variations based on phase information. It is developed on a recent method called phase congruency, which can extract the illumination free features regardless of its image intensity and contrast. Experiments using CMU-PIE face database with small training samples have shown that the proposed method outperforms the tradition PCA and Eigenphase method.

Keywords: Face recognition, feature extraction, phase congruency, PCA, Eigenphase

## 一种基于相位信息的人脸特征提取

陈存建

西南交通大学信息科学与技术学院,成都 610031

摘要:光照问题会显著地降低人脸识别效果,是人脸识别系统应用应当解决的一个技术难题。在本文中,我们提出了一种基于相位信息的人脸特征提取算法,该算法具有对光照变化的鲁棒性。主要是采用最近一种新的相位一致性方法,该方法具有提取光照不变的特性,而不考虑图象的灰度大小和差别。在 CMU-PIE 数据库中采用小样本进行的实验表明,该提取方法传统的 PCA,Eigenphase 等方法要好。

关键词: 人脸识别,特征提取,相位一致性, 主成分分析

#### 1 Introduction

Face recognition has been an active research area in the past two decades, arising from the demand of surveillance, access control, and so on. As far, face recognition performs well under controlled environment, in other words, that target is presented with frontal view, normal illumination, and slight pose change. Under such conditions, the recognition performance can achieve as high as 99%. However when it is exposed to complex scenario with respect to illumination, expression, and pose variation, the recognition accuracy can decrease sharply [12]. In an attempt to eliminate the impact of illumination changes, Fisherface [13] and 3D linear subspace [14] are proposed which are proved to be effective. However, the limitation is that those algorithms often require more training images to eliminate the variation of faces caused by the illumination changes. Besides, the 3D algorithm is a little complex to implement. Those algorithms are generally operate in the space domain.

Recently, many attentions have been paid to the frequency domain where a face image can be represented either as magnitude or phase spectrum. It is proved that phase spectrum can not only enhance the performance of speech recognition [4,5], but also improve the recognition accuracy of faces under various illumination changes [6]. However, PCA performed in the whole frequency domain gains no advantage over PCA in the spatial domain in terms of the relationship between the eigenvectors in frequency domain and spatial domain [6]. It is reasonable to build model of phase spectrum by reconstructing the phase information. As a consequence, such kind of structural model likely yields an effective method which can eliminate the impact brought by illumination. However, partial information will be lost in the reconstruction of phase image. We proceed to the

adoption of algorithm which can capture the phase image without reconstruction process.

Phase congruency [1, 7] is a dimensionless quantity that is invariant with respect to image intensity change and contrast. As a substitute of gradient-based feature detector, such characteristic could be applied to any image to preserve the feature points regardless of its magnification and illumination. Compared with edge-map based face recognition methods, such as Eigenedge or Eigenhill [8] that need to set a predefined threshold, the extraction of edges and corners using phase congruency without threshold is a promising favorable choice. Previous work on iris recognition [9, 10] has already demonstrated the effectiveness of the phase congruency in segmentation and feature extraction. In [15, 16], phase congruency is combined with gabor wavelets to detect the salient local features in face recognition to reduce the high dimensions. We argue that the extraction of illumination free features by phase congruency is much better than the Eigenphase, as the proposed algorithm contains more information which can facilitate the recognition process without reconstruction. First, the image is computed by phase congruency based on log gabor filters to extract the illumination robust features. Then, the PCA is adopted to reduce the feature dimensions before being forwarded to a classifier using Euclidean distance. Our focus lies in the application of phase congruency in the extraction of illumination invariant features for face recognition.

The remainder of our paper is arranged as follows, section 2 describes the related work. The proposed new algorithm is detail illustrated in section 3. Following experiment is shown in section 4. Finally, conclusion together with future investigation is drawn in section 5.

## 2 Related Works

## 2.1 The Phase-only Reconstruction

Given a face image and its Fourier representation,

$$A(x) = A(x) | \exp(i * \phi(x))$$
 (1)

where A(x) is the magnitude spectrum, and  $\phi(x)$  is the phase spectrum. By setting |A(x)| to unit 1, A(x) is represented as phase only,

$$A(x) = \exp(i * \phi(x)) \tag{2}$$

Then by inverse Fourier transform of A(x),

$$A_{IFFT}(x) = IFFT(A(x)) \tag{3}$$

Thus we get the reconstruction result exclusively obtained from the phase spectrum. As we stated before, the phase information contains more features which could be utilized to model the feature representation. To demonstrate the effectiveness of phase information, we reconstruct the image by using magnitude and phase information, respectively. This can be evidenced in the [Fig. 1]. The

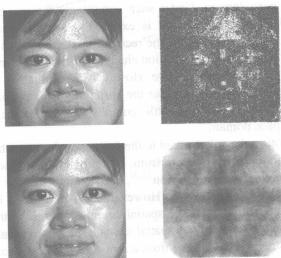


Figure 1 The top two images is the pair for phase reconstruction and the bottom two images is the pair for magnitude reconstruction

reconstructed image using phase contains origin structure. In contrast, the image which is reconstructed by magnitude loses the big picture. Moreover, the phase information is also a good candidate for the illumination robust feature extraction. We will present the ideas in the later experiment analysis.

### Eigenphase

M. Savvieds et.al. [6] propose a new algorithm called eigenphase utilizing the phase spectrum with the aim of extracting illumination free features. First they constructed the phase-only representation image using the equation (1) and (2). And after the extraction of the desired features, tradition PCA technology is applied on the reconstructed image. The main different between the Eigenphase and Eigenface is the obtaining of covariance matrix.

$$COV_s = \sum_{i=1}^{N} \{(x-m)\}\{(x-m)\}'$$
 (4)

$$COV_{s} = \sum_{i=1}^{N} \{(x-m)\}\{(x-m)\}'$$

$$COV_{f} = \sum_{i=1}^{N} \{F_{DFT}(x-m)\}\{F_{DFT}(x-m)\}'$$
(5)

Where  $COV_s$  and  $COV_f$  represent the covariance matrix in the space and frequency domain respectively. The  $F_{DFT}$  is the Fourier basic vectors used to transform the x. And the relationship between the eigenvector in space and frequency domain is as follows,

$$v_s = F_{DFT}^{-1} v_f \tag{6}$$

Where  $v_s$  refers to the eigenvector in the space domain and  $v_f$  in the frequency domain.

## Proposed Algorithm

## **Phase Congruency and Local Energy Model**

Morrone et al [1] first define the phase congruency function in terms of Fourier series expansion at location x.

$$PC(x) = \max_{\phi(x) \in [0, 2\pi]} \frac{\sum_{n} A_n \cos(\phi_n(x) - \overline{\phi}(x))}{\sum_{n} A_n}$$

$$(7)$$

Where  $A_n$  represents the nth amplitude of Fourier component,  $\phi_n(x)$  is the corresponding local phase at x, and  $\phi(x)$  is the amplitude weighted mean local phase angle of the whole flourier terms at the corresponding location. PC(x) aims to find a  $\phi(x)$  which can maximize itself.

As it denotes, PC (x) is really an awkward quantity to calculate. Alternativelly, Venkatesh and Owens [2] shows that phase congruency can be found through the searching of the local energy peak.

$$E(x) = \sqrt{H(x)^2 + I(x)^2}$$
 (8)

Where H(x) is the Hilbert transform of I(x), i.e. H(x) is the  $90^{\circ}$  phase shift of I(x). As it can be deferred from the figure, E(x) equals to the PC(x) scaled by the sum of whole frequent components.

$$E(x) = \sum A_n(x)PC(x) \tag{9}$$

E(x) can be calculated by convolving with even and odd filters.

#### The New measure of Phase Congruency

In this section, we will use the 2D log-gabor filter to compute the phase congruency. Logarithm gabor function, suggested by Field [3], it comprises two components, namely the radial filter component and angular filter component. The radial filter:

$$S(\omega) = \exp\left(\frac{-(\lg(\omega/\omega_o))^2}{2(\lg(k/\omega_o))^2}\right)$$
(10)

where  $\omega_o$  is the filter's center frequency. To obtain the constant-shape ratio filters the term  $k/\omega_o$  must also held to be constant for varying  $\omega_o$ .

The angular filter:

$$S(\theta) = \exp\left(\frac{-(\theta - \theta_0)^2}{2T(\Delta \theta)^2}\right) \tag{11}$$

Where  $\theta_0$  denotes the orientation,  $\Delta\theta$  is the orientation spacing between filters, and T is the scaling factor.

Similarly, let I denote the image signal,  $M_{so}^e$  and  $M_{so}^o$  denote the even-symmetric (cosine) and old-symmetric (sine) at scale S and orientation O respectively.

$$e_{so}(x) = I(x) * M_{so}^{e}$$
 (12)

$$o_{so}(x) = I(x) * M_{so}^{o}$$
 (13)

$$A_{so}(x) = \sqrt{e_{so}(x)^2 + o_{so}(x)^2}$$
 (14)

And its phase is calculated by

$$\phi_{so}(x) = a \tan 2(e_{so}(x), o_{so}(x)).$$
 (15)

The sum of all frequency amplitude is got by

$$\sum_{o} \sum_{s} A_{so}(x) = \sum_{n} \sqrt{e_n(x)^2 + e_o(x)^2}$$
 (16)

Due to the insensitivity measuring of the phase congruency using the cosine of phase deviation, P.Kovesi<sup>[7]</sup> develop a more sensitive measure making use of the sine of the phase deviation according to the fact that the cosine of the phase deviation should be large and the sine phase deviation should be small. Therefore, the new calculation of phase congruency based on a more sensitive deviation function is as follow,

$$\Delta\phi_{so}(x) = \cos(\phi_{so}(x) - \overline{\phi}_{o}(x)) - |\sin(\phi_{so}(x) - \overline{\phi}_{o}(x))|$$

$$\tag{17}$$

With the help of the new deviation function, the new phase congruency can be defined as,

$$PC_2(x) = \frac{\sum_o \sum_s W_o(x) \mid A_{so}(x) \Delta \phi_{so}(x) - T_o \mid}{\sum_o \sum_s A_{so}(x) + \varepsilon}$$
(18)

where  $\varepsilon$  has the same function as before,  $W_o(x)$  is the weighting factor. T is the estimated noise influence threshold when necessary.

Now the mean phase angle at direction O can be estimated by a unit vector,

$$\left\langle \overline{\phi}_e(x), \overline{\phi}_o(x) \right\rangle = \frac{1}{\sqrt{(F(x)^2 + H(x)^2)}} (F(x), H(x))$$
 (19)

Using the dot and cross products, one can form the equation as follows,

$$A_n(x)(\cos(\phi_n(x) - \overline{\phi}(x)) - |\sin(\phi_n(x) - \overline{\phi}(x))|) =$$

$$(e_n(x).\overline{\phi}_e(x) + o_n(x).\overline{\phi}_o(x)) - |e_n(x).\overline{\phi}_o(x) - o_n(x).\overline{\phi}_e(x)|$$

$$(20)$$

Viewing from the Figure 2, it is supposed that the phase congruency preserves more information by directly applying on the original image instead of the operation on the reconstructed image. Evidently, the latter operation result seems to be blurred. Later we will give the experiment result to support our finding.

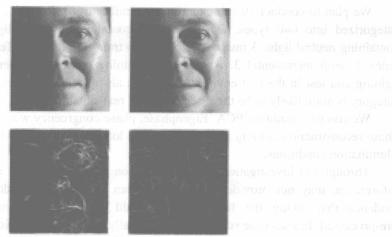


Figure 2 Lleft column phase congruency on original image. Right column phase congruency effect on reconstructed image

## 3.3 Log-Gabor Based Matching

We select 4 scales and 6 orientations of log-Gabor filters for the magnitude component representation. Each scale and orientation characterizes different features of origin image in the spatial domain.

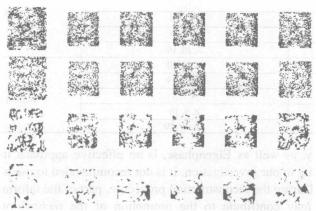


Figure 3 Magnitude representation of log gabor transformed images

## 4 Experiments

In order to evaluate which algorithm is much more robust under extreme lighting conditions, CMU-PIE face database is a preferable choice [11] which has different lighting conditions. In our approach, we select 30 persons. Each person is comprised of 21 training images captured by 21 different lighting sources with background light off.

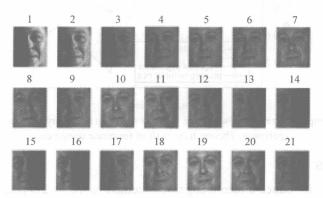


Figure 4 21 samples from the CMU-PIE face database. Index number representing different lighting condition which is consistent in the following training sets

We plan to conduct 10 sub experiments similar to [6]. Roughly, the sub experiments can be categorized into two types. One is images containing extreme light and another is images containing neutral light. 3 images are chosen to train (see table 1). Test images are selected from index 1, with incremental 3. Actually, the training procedure generally carries out on neutral lighting and test in the real environment which always exposes to extreme lighting, so the latter category is more likely to be the resemblance of real situation.

We compare tradition PCA, Eigenphase, phase congruency with and without the adoption of phase reconstruction, aiming to provide a detail look at which is much superior in the presence of illumination conditions.

Through our investigation, applying PCA on phase congruency after the extraction of phase information may not provide better results than the former. In addition, we also provide the evidence that taking the fusion image could produce better results than without fusion pre-processed. In real-time situation, test generally carried out in various lighting conditions while training is on room environment condition like sub experiment 6, 7, 8, 9, 10. Even though, the new proposed algorithm still achieves more than 90% except the experiment 7.

Table 1 Categorization of two training datasets: one is under extreme condition, another is neutral one

Sub experiment	Index number (total 21 images)	r
1	3, 7, 16	Extreme lighting conditions
2	1, 10, 16	
3	2, 7, 16	
4	4, 7, 13	
5	3, 10, 16	
6	3, 16, 20	Neutral lighting conditions
7	7, 10, 19	
8	6, 7, 8	
9	8, 9, 10	
10	18, 19, 20	

Phase congruency, as well as Eigenphase, is an effective approach in eliminating lighting condition. But according to our investigation, it is not recommended to use phase congruency after phase reconstruction. During the reconstruction procedure, part of the information is lost, although the lost information may contribute to the promotion of the recognition rate in Eigenphase approach. It is not the same case as in phase congruency which operates on the whole image. So it is better to directly apply the phase congruency.

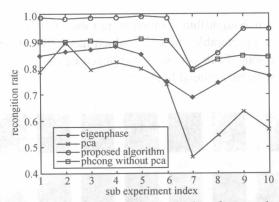


Figure 5 Comparison result shows above with the selection of twenty eigenfaces in each sub experiment. Phoong term is short for phase congruency

### 5 Conclusions

In this paper, we introduce a face recognition method based on 2D phase congruency, which is robust against the presence of illumination changes. We show that the phase information is useful to cope with the variations caused by illumination. Experiments on CMU-PIE face database

demonstrate our assumptions. Future work will be extended to tackle pose variation and expression changes. It is also noticed that the suitable preprocessing step might contribute the final performance.

#### Reference

- [1] Morrone M C, Burr D C. Feature detection in human vision: A phase-dependent energy model. Proceedings of the Royal Society, London B, 1988: 221–245.
- [2] Venkatesh S, Owens R A. An energy feature detection scheme. International Conference on Image Processing, Singapore, 1989: 553–557.
- [3] Kovesi P D. Invariant Measures of Image Features from Phase Information. PhD thesis, The University of Western Australia, 1996.
- [4] Paliwal K, Alsteris L. Usefulness of phase spectrum in human speech perception // Proceedings 8th European Conference on Speech Communication and Technology, 2003: 2117-2120.
- [5] Shi G J, Shanechi M M, Aarabi P. On the importance of phase in human speech recognition. IEEE Transaction on Audio, Speech and Language Processing, 2006, 14(5): 1867–1874.
- [6] Savvides, Kumar. Eigenphases vs. eigenfaces. International Conference. on Pattern Recognition, 2004: 810–813.
- [7] Peter Kovesi. Image features from phase congruency. Videre: A Journal of Computer Vision Research. MIT Press. 1(3).
- [8] Yilmaz, Alper, Gokmen M. Eigenhill vs. eigenface and eigenedge. Pattern Recognition, 2001 (34): 181-184.
- [9] Huang J Z, Wang Y H, Tan T N, et al. A new Iris segmentation model. International Conference on Pattern Recognition, 2004, 21.
- [10] Yuan Xiaoyan, Shi Pengfei. Iris feature extraction using 2D Phase congruency. Third International Conference on Information Technology and Applications, 2005(2): 437–441.
- [11] Sim T, Baker S, Bsat M. The CMU Pose, Illumination and Expression (PIE) Database. Proceedings of the 5th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2002.
- [12] Kong S G, Heo J, Abidi B R, et al. Recent advances in visual and infrared face recognition—a review. Comput. Vision Image Understanding, 2005, 97 (1): 103–135.
- [13] Belhumeur P N, Hespanha J P, Kriegman D J. Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection. Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, 1997, 19(7): 711–720.
- [14] Belhumeur P, Kriegman D. What is the set of images of an object under all possible illumination conditions. Int. J. Computer Vision, 1998, 28(3)245–260.
- [15] Bezalel E, Efron U. Efficient face recognition method using a combined phase congruency/Gabor wavelet technique. Proceedings of the SPIE, 2005(5908): 429–436.
- [16] LV, Liu zhiqiang, Zhu Xianghua, Image feature extraction based on phase spectrum. CSP'04, 2004: 906–909.