



中国计算机学会文集

China Computer Federation

Proceedings

CCFP 0011

和谐人机环境 2008

第17届全国多媒体技术

第4届全国普适计算

联合学术会议文集

第4届全国人机交互

金 海 戴国忠 周敬利 汪国平 杨士强

编

周兴社 刘正捷 刘允才 王茜莺 陈 渝

清华大学出版社





中国计算机学会文集

China Computer Federation Proceedings
CCFP 0011

和谐人机环境 2008

第17届全国多媒体技术

第4届全国普适计算

联合学术会议文集

第4届全国人机交互

金 海 戴国忠 周敬利 汪国平 杨士强

周兴社 刘正捷 刘允才 王茜莺 陈 渝

编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

和谐的人机环境是计算机理论和技术的一个重要发展方向,也是当前计算机研究的一个热点领域。全书收录中国第4届全国和谐人机环境联合学术会议的论文59篇,主要内容涵盖了多媒体信号处理与编码、多媒体内容分析与检索、多媒体通信、多媒体系统、多媒体安全、多媒体应用、交互认知理论、交互行为模型、自然交互技术、交互设计方法、和谐交互评价、交互案例研究、交互应用主题、普适计算理论模型、情境感知、普适计算的软件技术、新型用户设备、自然交互接口、普适计算应用等诸多前沿领域。

本书全面反映了我国在上述领域的研究现状和最新进展,既可以作为高等院校计算机、通信、自动化、人机交互等信息学科的教学参考书,也可以供从事相关专业的教学、科研和工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

和谐人机环境 2008 / 金海等编. —北京:清华大学出版社, 2009.8
ISBN 978-7-302-20074-1

I. 和… II. 金… III. 人-机系统-学术会议-文集 IV. TB18-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 066950 号

责任编辑:袁勤勇

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 线:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:27.5

字 数:659 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~300

定 价:69.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:032916-01

会议组织情况

大会主办单位

中国图象图形学学会多媒体专业委员会
中国计算机学会多媒体专业委员会
中国计算机学会普适计算专业委员会
中国图象图形学学会多媒体专业委员会
ACM 人机交互学会中国分会

大会承办单位

华中科技大学计算机科学与技术学院

大会赞助单位



第4届全国和谐人机环境联合学术大会

大会主席：戴国忠（中科院软件研究所）

大会指导委员会：徐光祐（清华大学）、胡事民（清华大学）、杨士强（清华大学）、吴玲达（国防科技大学）、史元春（清华大学）、吴朝晖（浙江大学）、戴国忠（中科院软件研究所）、陶霖密（清华大学）

大会组织委员会

主 席：金海（华中科技大学）

委 员：周敬利（华中科技大学）、谢长生（华中科技大学）、于俊清（华中科技大学）、蒋文斌（华中科技大学）、郭红星（华中科技大学）、谢夏（华中科技大学）、李久红（华中科技大学）、喻之斌（华中科技大学）

第17届全国多媒体技术学术会议

程序委员会

主 席：周敬利（华中科技大学）、杨士强（清华大学）、
刘允才（上海交通大学）

委 员：蔡莲红（清华大学）、陈孝威（贵州大学）、房胜（山东科技大学）、韩玉兵（南京理工大学）、胡瑞敏（武汉大学）、李波（北京航空航天大学）、李国辉（国防科技大学）、李绍滋（厦门大学）、李小平（北京理工大学）、刘红梅（中山大学）、刘贵忠（西安交通大学）、刘怡（人民大学）、蒋刚毅（宁波大学）、康显桂（中山大学）、陆慧娟（中国计量学院）、马华东（北京邮电大学）、马力妮（北京机械工业学院）、苗振江（北京交通大学）、潘志庚（浙江大学）、齐春（西安交通大学）、孙立峰（清华大学）、吴乐南（东南大学）、吴玲达（国防科技大学）、谢长生（华中科技大学）、汪国平（北京大学）、徐光祐（清华大学）、许志闻（吉林大学）、于俊清（华中科技大学）、赵耀（北京交通大学）、詹永照（江苏大学）、周杰英（中山大学）

第4届全国人机交互学术会议

程序委员会

- 主 席：汪国平（北京大学）、刘正捷（大连海事大学）、王茜莺（Lenovo）
委 员：戴国忠（中科院软件研究所）、董士海（北京大学）、徐光佑（清华大学）、傅小兰（中科院心理所）、陶霖密（清华大学）、王衡（北京大学）、潘志庚（浙江大学）、宋鸿陟（华南农业大学）、陈柏鸿（联想研究院）、王晖（信息产业部软件与集成电路促进中心）、王坚（微软亚洲研究院）、赵晨（IBM 中国研究中心）、华庆一（西北大学）、李学庆（山东大学）

第4届全国普适计算学术会议

程序委员会

- 主 席：孟祥旭（山东大学）、王怀民（国防科技大学）、侯紫峰（联想研究院）
委 员：孟祥旭（山东大学）、侯紫峰（联想研究院）、陈柏鸿（联想研究院）、房鼎益（西北大学）、过敏意（上海交通大学）、孟小峰（中国人民大学）、徐光佑（清华大学）、胡事民（清华大学）、史元春（清华大学）、王怀民（国防科技大学）、贾焰（国防科技大学）、贾云得（北京理工大学）、苗振江（北京交通大学）、潘纲（浙江大学）、钱振宇（微软中国研发集团）、汪国平（北京大学）、王威信（信产部软件与集成电路促进中心）、王绪刚（信产部软件与集成电路促进中心）、王卓立（香港大学）、魏志强（中国海洋大学）、於志文（西北工业大学）、朱珍民（中国科学院）、金蓓弘（中国科学院）、陈益强（中国科学院）、陶先平（南京大学）、陆桑璐（南京大学）、蒋伟进（湖南工业大学）、刘建勋（湖南科技大学）、肖创柏（北京工业大学）、桂小林（西安交通大学）、曹健（上海交通大学）、王汝传（南京邮电大学）、陈志刚（中南大学）、王国军（中南大学）、王新（复旦大学）、蒋文斌（华中科技大学）、高强（北京航空航天大学）

前 言

多学科交叉，促进和谐人机环境的发展

建立“以人为中心的人机交互环境”是人们长期以来的梦想。多媒体技术的发展与普适计算技术的出现为以人为中心的人机交互环境赋予了新的含义，这就是把人机交互的接口从计算机的面前扩展到人们生活的三维物理空间，交互的方式适合于人们的习惯并且尽可能少地分散用户的注意力。普适计算技术的发展必将使以计算、通信和多媒体等为代表的信息技术无所不在地渗透到人们生活的各个方面，人们将进入更加发达的信息社会。信息社会应该是人机和谐的环境，这样才能使信息技术成为人们生活的必需品，成为改善生活质量，提高工作效率和解决社会发展问题的有力工具。建立和谐的人机环境对人机交互学科提出了巨大的挑战，它不但涉及信息技术，而且包括心理学、社会学等广泛领域。因此，建立和谐人机环境呼吁多学科交叉，这也是这次“和谐人机环境”联合学术会议的目的。

“和谐人机环境”联合学术会议是由中国计算机学会多媒体技术专业委员会、中国图象图形学会多媒体专业委员会、中国计算机学会普适计算专业委员会与 ACM CHI 中国分会联合发起召开的。这次会议受到全国学术界的热烈响应，投稿数量达 180 篇。由于论文数量大，而且质量较前有很大提高，这对论文的评审带来了巨大的压力。为了使审稿过程尽可能地公平，真正反映论文的学术水平，每篇论文邀请了三位专家通过网络在线评审、打分，然后根据综合评分确定录用标准。这次会议论文集共收录演讲报告论文 59 篇。在此向给大会踊跃投稿的作者和协助会议审稿的专家表示深深的感谢，感谢他们对此次大会的支持。但是由于论文集的容量有限，我们不得不割舍了一些质量相当高的论文。

会议期间，我们邀请了 6 位国内外著名学者到联合学术会议做特邀报告，同时第 17 届全国多媒体学术会议、第 4 届全国人机交互学术会议和第 4 届全国普适计算学术会议分别安排了相应的分会场演讲报告论文，还设置了一个张贴报告论文交流区，以提供更为广泛的学术交流机会。

此次会议在筹备过程中得到了华中科技大学，全国有关学术界、产业界人士以及多家媒体和新闻单位的鼎力支持。Intel、EMC 和中国平安保险公司慷慨解囊，提供了大力的支持与赞助，为此次大会的成功召开奠定了坚实的基础，在此表示衷心的感谢！

金秋十月的古城赤壁，风景优美，气候宜人。让我们一起分享一个成功的“和谐人机环境”联合学术会议。

大会主席：戴国忠

指导委员会：徐光祐、胡事民、杨士强、吴玲达、史元春、吴朝晖、戴国忠、陶霖密

组织委员会主席：金海

目 录

第一部分 第 17 届全国多媒体技术学术会议

一种基于球面投影模型的全景图快速生成算法	李振华 刘养科 李波 (3)
基于 AM 广播的应急多媒体系统	吴乐南 何峰 (11)
一种新的基于 H.264/AVC 标准的帧内预测算法	孙岩 李绍滋 (17)
一种基于 PMI 的多媒体安全应用框架	李鹏飞 封化民 (23)
一种基于感兴趣区域形状特征的图像检索方法	杨晓东 吴玲达 谭洁 (30)
不同场景图像中的人体目标匹配算法分析	孔庆杰 吕晓威 李雄 刘允才 (35)
基于内容的音乐节拍跟踪	陈哲 许洁萍 (42)
一种动画视频摘要技术的研究	袁志民 吴玲达 谭洁 陈丹雯 (50)
一种基于文本关键字模型的 Audio 音乐情感分类方法	刘怡 高玥 (57)
复杂诊断系统的 MAS 分布式协作方法研究	蒋伟进 向建红 (65)
基于 MAS 构件技术的知识复用动态演化模型研究	蒋伟进 夏可 (71)
基于图切分的面向纺织印染图案的分色算法	杨萍 李学庆 苏新新 牛玉贞 (77)
基于情感激励的足球视频精彩镜头提取	于俊清 何欢欢 何云峰 (84)
Wyner-Ziv 编码在小波视频编码中的应用	李哲 房胜 徐轲 李环环 (91)
移动自组网中支持 QoS 服务的 MAC 机制研究	欧晓鸥 王志立 江中略 (98)
无线多用户视频流中支持内容感知的包调度策略	郭红星 彭嘉丽 盛涛 田婷 张爱华 (103)
一种用于战略对抗演习的多媒体电视新闻系统	周生 胡晓峰 (110)
基于多尺度特征聚类的三维模型局部形状检索方法	沈超慧 (117)
人脸检索中一种新的光照补偿方法	蒋永馨 王孝通 徐晓刚 黄华 (123)
三维模型预处理技术及其在检索中的应用	刘晓静 黄维通 (130)
多视点视频解码并行处理的设计方案	张凤妍 庞一 孙立峰 杨士强 (137)
基于拉普拉斯流形正则化的半监督图像检索	傅向华 王志强 赵良辉 杜文峰 (143)

第二部分 第 4 届全国人机交互学术会议

虚拟手抓持物体旋转运动真实力觉生成	杨文珍 高曙明 万华根 刘玉生 陈文华 (153)
推广可达性	苗梅 Gerhard Weber (159)

照片标签的智能化管理	朱广飞 董超 王衡 汪国平 (165)
PAD 情感空间中情感数据概率特性分析	孙佩宏 陶霖密 (174)
一种眼动跟踪实时线性预测算法的研究和实现	程成 杜菁菁 蓝飞翔 (180)
用户体验的量化研究方法	尹志博 杨颖 (187)
增强现实技术应用综述	朱杰杰 潘志庚 孙超 (194)
笔式电子表单最终用户开发工具的设计与实现	王晓春 戴国忠 史元春 (203)
基于时间访问轨迹的文件推荐	韩爽 王衡 (210)
智能接听系统中的用户建模与算法研究	谭继志 罗匡 王衡 汪国平 (217)
UCD 活动中可用性目标的制定	陈柏鸿 王茜莺 彭世峰 孙染 (225)
一种基于感知控制代理的体系结构模型	华庆一 刘庆芳 蔚娣 王小文 (231)
一种基于 MDA 的 UIMS 实现	张晓宁 李学庆 (238)
基于背景差分的人体跟踪方法在视频交互中的应用	梁怀宗 华庆一 (246)
基于游戏性的竞速类网游测评方法研究	由芳 唐伟盛 王建民 (253)
网上银行用户体验评价体系研究	陈军亮 刘伟杰 刘正捷 (262)
个人网银可用性指南的开发	王翡 张军 刘正捷 (270)
手机用户界面可用性评估的眼动模型	程时伟 孙守迁 (276)
FisheyeLines: 一种时序数据的可视化技术	
.....	罗雄飞 王宏安 田丰 戴国忠 滕东兴 (282)
面向儿童的用户界面设计与可用性研究	
.....	彭红星 宋鸿陟 陈燕 肖磊 邹湘军 (290)

第三部分 第 4 届全国普适计算学术会议

ScudCORE: 一个情境驱动的推理引擎	李彤 潘纲 任豪毅 (301)
一种面向普适计算的适应性软件体系结构	丁博 史殿习 王怀民 (308)
智能影子 (SmartShadow): 一个新的普适计算模型	
.....	张犁 潘纲 李石坚 吴朝晖 (315)
传感器网络中基于路径相似度的节点间距离估计方法	李凯 汪芸 (323)
基于结构光源的大屏幕交互技术	秦永强 喻纯 史元春 (333)
一种带宽自适应的应用层组播策略	左克 王怀民 史殿习 胡东敏 (339)
普适计算中间件微内核架构的研究与实现	李骁 丁博 史殿习 王怀民 (346)
一种普适环境下群体用户体验的定量评价模型	
.....	王柱 周兴社 王海鹏 倪红波 武瑞娟 (352)
一种基于普适计算的情境感知中间件设计与实现	
.....	叶宁 王汝传 马守明 宋立森 黄海平 (360)
一种基于多量级虚拟机的可扩展普适计算架构	陈援非 朱珍民 叶剑 (366)
一种容错的分布式事件代理结构及协议	罗香玉 汪芸 劳卫 (373)
普适计算的自适应技术	欧阳建权 史殿习 丁博 王怀民 (380)

普适计算构件中间件的部署与配置工具的研究与实现

-张一明 史殿习 丁博 尹刚 (386)
- 基于分层原语的多模态输入统一访问接口.....孟祥亮 史元春 杨欣 (393)
- 基于 MAS 协作的动态资源调度策略研究.....史德嘉 王璞 (400)
- dFRPN: 一种面向分布式推理的模糊 Petri 网模型
-叶剑 李锦涛 史红周 朱珍民 顾晓光 (407)
- 无线传感器网络中的 k 覆盖算法和容错节能协议李迪砺 汪芸 (413)

第一部分

第 17 届全国多媒体技术学术会议

一种基于球面投影模型的全景图快速生成算法

李振华 刘养科 李波

北京航空航天大学计算机学院数字媒体室, 北京, 100083

摘要: 本文提出了一种基于球面投影模型的全景图快速生成算法。通过简化球面投影模型, 减少了全景图生成过程中投影所需时间; 提出基于灰度投影加权的匹配算法, 在保留灰度投影法快速匹配特性的同时, 提高匹配的准确性; 定义了全景图的伴随矩阵, 利用伴随矩阵进行局部配准调整, 分散累积误差, 避免全景图中出现错位。实验结果表明, 该方法生成的球面全景图效果较好。

关键词: 全景图; 球面; 灰度投影; 拼接

1. 引言

目前, 宽视野、高分辨率的图像或视频在一些领域显得越来越重要, 比如摄影测量学中全景视图的构造、视频编码领域的背景重建技术、全景视频监控系统的实现, 虚拟现实技术中虚拟环境的构建等。为了获取宽视野的场景图像, 人们必须通过调节相机焦距或者使用特殊的全景设备(广角或鱼镜头)才可以摄取完整的场景, 但这样所获取的全景照片的分辨率相对较低, 因此, 人们采用了图像拼接技术来将多幅照片拼接成一幅大的全景图。随着场景的扩大, 用于拼接的图像序列数量增加, 生成全景图所需要的处理时间越来越长。因此, 在保证生成图像质量的前提下, 提高全景图的生成速度, 达到准实时甚至实时要求, 是目前研究的热点与难点。

根据投影面的不同, 全景图可分为柱面、球面、立方体全景图等。柱面全景图技术^[1]现在已经比较成熟, 但它只适合相机沿水平方向作一维旋转所得到的图像序列的拼接; 立方体全景图的研究正在不断深入, 但表现效果不如球面真实; 球面全景图适合描述大范围场景, 符合人们的观察习惯, 但是模型复杂, 图像序列获取困难, 相关研究尚欠成熟^[2]。

图像配准是全景图生成过程中的关键, 目前常用的方法有基于运动法^[3]、基于特征点法^[4]、基于流形投影法^[5]等, 这些方法计算量大, 生成全景图的速度较慢, 在实际应用中受到一定限制。

本文针对绕固定视点按 Z 字形路线拍摄的图像序列, 采用球面全景图, 对球面投影模型进行了简化, 提出了基于灰度投影加权的快速匹配算法, 并利用自定义的伴随矩阵进行局部配准调整, 避免了由于累积误差导致的错位现象, 在保证图像质量的基础上实现了球面全景图的快速生成。

2. 球面全景图生成流程

本文所提出的球面全景图生成算法主要针对绕固定视点按 Z 字形路线拍摄的图像序列, 所谓 Z 字形图像序列是指选定要生成全景图的对角线上的两点位置, 通过控制云台的水平和垂直转动, 按照“水平扫描—垂直扫描—反向水平扫描—垂直扫描”的过程, 使云台在这两点之间按 Z 字形路线逐层扫描, 实时采集覆盖一定区域空间的视频序列, 并按一定间隔选取相应帧作为待拼接的图像序列。Z 字形图像序列可以在给定对角线两点位置的基础上自动获取, 也可以由其他手动方式绕固定视点按 Z 字形路线拍摄进行获取。

本文全景图生成算法主要由以下 4 个步骤来完成: (1) 进行球面投影, 将图像序列投影到统一的空间; (2) 用灰度投影加权法进行图像配准, 获取图像序列相邻帧之间的位置关系; (3) 进行局部配准调整, 避免累积误差扩大; (4) 无缝拼接, 实现图像拼接时的平滑过渡, 生成全景图。其算法流程图如图 1 所示。



图 1 本文全景图生成流程

3. 球面投影模型的建立及简化

由于获取的图像序列不在同一平面, 拼接前需要将其投影到统一的空间。首先建立球面模型坐标系, 如图 2 所示, 球体中心 O 为视点, 球体半径 R 为图像中心到视点的成像距离, α 和 β 分别表示镜头的俯仰角和水平角。若 α 和 β 能够获取, 可用 $\Delta x / (2 \tan(\Delta \beta / 2))$ 来计算 R 值, 其中 Δx 为两幅图像投影前的水平偏移像素值, $\Delta \beta$ 为两幅图像位置的水平偏转角, 或用 Δy 与 $\Delta \alpha$ 计算亦可; 若 α 、 β 、 R 均未知, 可以利用 Levenberg-Marquardt 迭代非线性最小化方法^[6](LM 算法) 进行计算。

下面计算图像投影到该球面对应的球面坐标, 球面坐标用经纬度坐标来描述, 即球面上每一点都可以用经度 $long$ 和纬度 lat 来确定。

设图像中心点通过 z 轴正方向上的图像位置为参考零位, 此时图像中心点经纬度均为零, 镜头的水平角、俯仰角也为零。设图像的平面坐标原点为图像中心点, 将照片坐标系转化成世界坐标系:

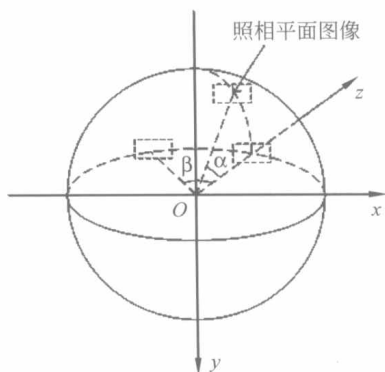


图 2 球面坐标模型

$$\begin{pmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ R \end{pmatrix}$$

$$= HV(x \ y \ R)' \quad (1)$$

式中, x 和 y 为照片平面坐标; x_w, y_w, z_w 为球体世界坐标, 进而可得经纬度坐标为:

$$\begin{cases} long = \arctan(x_w/z_w) \\ lat = \arctan(y_w/\sqrt{x_w^2 + z_w^2}) \end{cases} \quad (2)$$

将其转化为球面展开平面坐标:

$$\begin{cases} x' = R \cdot long \\ y' = R \cdot lat \end{cases} \quad (3)$$

下面对球面投影模型进行简化。

令 $V(x \ y \ R)' = (x_\alpha \ y_\alpha \ R_\alpha)'$, 则有:

$$\begin{aligned} long = \arctan(x_w/z_w) &= \arctan\left(\frac{x_\alpha \cos \beta - R_\alpha \sin \beta}{x_\alpha \sin \beta + R_\alpha \cos \beta}\right) = \arctan\left(\frac{x_\alpha/R_\alpha - \tan \beta}{1 + (x_\alpha/R_\alpha) \tan \beta}\right) \\ &= \arctan\left(\tan\left(\arctan(x_\alpha/R_\alpha) - \beta\right)\right) = \arctan(x_\alpha/R_\alpha) - \beta \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} lat = \arctan\left(y_w/\sqrt{x_w^2 + z_w^2}\right) &= \arctan\left(y_\alpha/\sqrt{(x_\alpha \cos \beta - R_\alpha \sin \beta)^2 + (x_\alpha \sin \beta + R_\alpha \cos \beta)^2}\right) \\ &= \arctan\left(y_\alpha/\sqrt{x_\alpha^2 + R_\alpha^2}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

由上面两式可以看出: 图像水平转动后再投影与先投影再水平转动的效果是相同的, 也就是说, 投影形状只与镜头的俯仰角有关, 而无需考虑水平角。在此基础上, 整理得到投影公式为:

$$\begin{cases} x' = R \cdot \arctan \frac{x}{R \cos \alpha - y \sin \alpha} \\ y' = R \cdot \arctan \frac{R \sin \alpha + y \cos \alpha}{\sqrt{x^2 + (R \cos \alpha - y \sin \alpha)^2}} \end{cases} \quad (6)$$

其反投影公式为:

$$\begin{cases} x = R \cdot \tan \frac{x'}{R} / \left(\cos \alpha + \sin \alpha \tan \frac{y'}{R} \sqrt{1 + \left(\tan \frac{x'}{R} \right)^2} \right) \\ y = R \cdot \left(\cos \alpha \tan \frac{y'}{R} \sqrt{1 + \left(\tan \frac{x'}{R} \right)^2} - \sin \alpha \right) / \left(\cos \alpha + \sin \alpha \tan \frac{y'}{R} \sqrt{1 + \left(\tan \frac{x'}{R} \right)^2} \right) \end{cases} \quad (7)$$

投影时会出现很多非整数坐标, 需要用插值算法进行绘制, 为了消除图像空洞, 利用反投影公式进行逆向插值^[7]。计算过程中, 对于同一俯仰角的图像, 只需要计算一次投影结果, 可以将坐标变换的映射关系保存在矩阵中, 同一俯仰角的图像均可直接进行投影,

这样能大大加快投影速度；此外，在计算某一俯仰角图像的投影结果时，图像的同列和同行会有大量的重复计算，将计算过程中间一些结果保存在临时变量中加以利用，也能加快投影速度。

4. 相邻两幅图像的匹配

经过投影后，图像序列间仅存在平移关系，图像匹配时采用基于灰度投影加权的匹配算法。基于灰度投影的匹配算法^[8]是将二维图像的灰度值分别投影变换成两组独立的一维数据，在一维数据的基础上进行图像匹配运算。由于维数的减少，大大降低了匹配运算中的计算量，从而极大地提高了匹配速度。

4.1 图像的一维灰度投影

以垂直投影为例，图像的灰度投影公式为：

$$f(j) = \sum_{i=0}^n h(i, j) \quad (8)$$

其中， $h(i, j)$ 为图像在 (i, j) 处的灰度值； n 为图像的行数； $f(j)$ 为图像第 j 列在垂直方向上的灰度投影。

为了后面描述方便，这里提出广义的灰度投影公式：

$$f(j) = \frac{1}{n_2 - n_1 + 1} \sum_{i=n_1}^{n_2} h(i, j) \quad (9)$$

当 $n_2 - n_1 = n$ 时称为整体灰度投影，而 $n_2 - n_1$ 占行数比重较小时称为局部灰度投影，公式中进行了归一化处理，为了保证整体和局部灰度投影后数值均在同一范围。

4.2 基于灰度投影加权的匹配算法

传统的灰度投影法通常是对一幅图像一段区域进行垂直方向的整体灰度投影（以计算水平匹配位置为例），得到一段用于匹配的模板，然后在另一幅图像中作类似投影，在水平方向一定范围内进行搜索，与模板相似度最大的一段区域即为水平匹配位置。这种方法的优点是充分利用了图像整体的灰度分布信息，抗干扰性强，匹配速度快；缺点是没有有效利用局部信息，在存在大面积相似背景时容易造成误匹配，而且在某一方向上平移量较大时独立计算另一方向平移量时会有较大误差。

针对这些问题，本文提出了一种基于灰度投影加权的匹配算法，综合考虑整体与局部的灰度投影，能有效剔除可能造成的误匹配。该方法保留了灰度投影法快速匹配的特性，同时提高了匹配的准确性。

以镜头水平向右转动获取的相邻两幅图像为例来说明匹配的过程，具体算法步骤如下：

(1) 在第一幅图像的右半部分取一段区域进行整体和局部灰度投影得到 $f_k(j)$ ， $m_1 \leq j < m_1 + L$ ， $k=0, 2, \dots, K$ 。其中 $f_0(j)$ 为整体灰度投影的结果； K 为进行局部灰度投影的块数； L 为这段区域的长度，即模板长度。为了减少光强不同带来的误差，用下面的公式进行修正：

$$\overline{f_k} = \frac{1}{L} \sum_{j=m_1}^{m_1+L-1} f_k(j), \quad f_k(j) = f_k(j) - \overline{f_k} \quad (10)$$

(2) 在第二幅图像的搜索区域进行类似灰度投影得到 $g_k(j)$, $m_1 - R \leq j < m_1 + l$, 其中 R 为搜索范围, 则搜索位置 r 的范围是 $0 \leq r \leq R$, 对应待匹配模板为 $g_k(j-r)$, $m_1 - R \leq j < m_1 + l$ 。在每次匹配过程中, 也要用公式 (10) 对 $g_k(j-r)$ 进行修正, 然后用序贯相似性检测算法进行匹配, 令:

$$\varepsilon(r) = \sum_{k=0}^K w_k \sum_{j=m_1}^{m_1+L-1} |f_k(j) - g_k(j-r)| \quad (11)$$

其中, w_k 为投影的权重, 且 $\sum w_k = 1$; $\varepsilon(r)$ 最小时对应的 $r = r_m$ 即为水平匹配位置。

(3) 在计算垂直匹配位置时, 先利用上面计算的结果 r_m 将两幅图像水平位置对齐, 对重叠区域重复步骤 (1)、(2) 即可, 不同的是作水平灰度投影, 而且搜索范围可以限定在比较小的区间, 因为水平拍摄过程中垂直方向上不会有很大偏移。

4.3 匹配结果及分析

匹配结果如图 3 所示, 图 3 (a) 中红线表示在左图投影得到模板的区域, 图 3 (b)、(c) 中红线表示分别用不同方法在右图得到的匹配区域, 绿线表示搜索范围, 可见采用传统灰度投影产生了误匹配, 而用基于灰度投影加权得到了正确的匹配结果。本文计算时分别在上、中、下取了三个小区域进行局部投影, 即 $K=3$, 考虑到整体投影对匹配结果的贡献大, 局部投影的贡献要小, 而且各个局部投影间是对等的, 取权值 $w_0 = 1/2$, $w_1 = w_2 = w_3 = 1/6$, 具体怎样选取 K 和 w_k 更有效可以进一步再探讨。

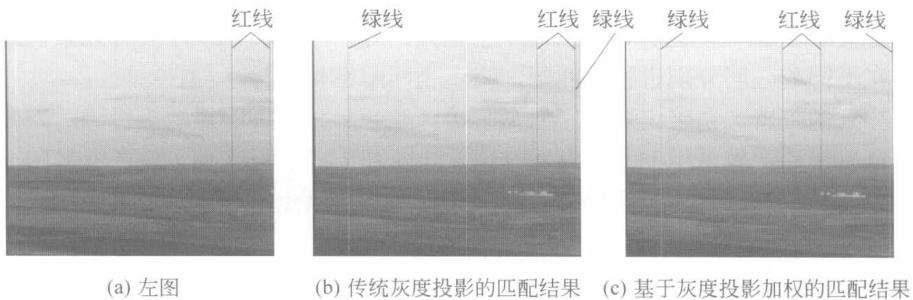


图 3 匹配结果对比

基于灰度投影加权的匹配算法特别适合某一方向偏移较大而另一方向偏移较小的图像间匹配, 而按 Z 字形路线拍摄的图像序列具有这样的特点。在计算偏移较大方向的匹配位置时, 由于综合考虑了图像整体与局部的灰度分布信息, 能够得到更准确的匹配结果。例如, 在背景相似的情况下, 仅仅考虑整体投影可能得到误匹配位置, 而采用灰度投影加权时, 误匹配位置的局部投影与模板相差较大会导致 $\varepsilon(r)$ 相对较大, 从而排除这种误匹配; 在计算另一方向的匹配位置时, 保持了投影区域的一致性, 使得匹配结果更可靠。

5. 局部配准调整及无缝拼接

在获得图像序列 $I_1, I_2, \dots, I_K$ 所有相邻两幅图像位置关系的基础上, 可以进行逐步绘制: 先绘制 I_1 得到图像 $\tilde{I}_1$, 根据 I_1 和 I_2 的位置关系将 $\tilde{I}_1$ 和 I_2 拼接得到图像 $\tilde{I}_2$, 根据 I_2 和 I_3 的位