



NCIG2006
南京

主办单位 中国图象图形学学会

第十三届 全国图象图形学学术会议 论文集

中国图象图形学学会 编

清华大学出版社



NCIG2006
南京

主办单位 中国图象图形学学会

第十三届 全国图象图形学学术会议 论文集

中国图象图形学学会 编

清华大学出版社
北京

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

第十三届全国图象图形学学术会议论文集/中国图象图形学学会编. —北京:清华大学出版社,2006. 11
ISBN 7-302-14076-6

I. 第… II. 中… III. ①图象处理—学术会议—文集②计算机图形学—学术会议—文集 IV. TP391.41-53
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 127199 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084
社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

责任编辑:陈国新

印 装 者:清华大学印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:44.75

版 次:2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-14076-6/TP·8466

印 数:1~600

定 价:210.00 元

第十三届全国图象图形学学术会议

组织机构成员名单

会议名誉主席:

徐冠华

会议主席:

潘云鹤

会议副主席:

谭铁牛 谢 玲

程序委员会 (以姓氏拼音为序)

主 席:

章毓晋

副主席:

贾云得 李象霖 潘志庚 朱秀昌

委 员:

柏 森	毕笃彦	陈熙霖	陈志军	董育宁	杜明辉	何江华	胡 栋
胡学龙	孔祥维	赖剑煌	李 华	李均利	李学龙	刘凯龙	刘其真
刘允才	卢汉清	卢朝阳	罗 斌	平西建	阮秋琦	陶霖密	田庆久
王 超	王培珍	王小铭	汪国平	韦 穗	夏定元	徐光祐	徐 青
许增补	余 轮	俞能海	张 亘	张艳宁	朱 枫	朱学芳	周 詮

组织委员会 (以姓氏拼音为序)

主 席:

罗治安 郑宝玉

副主席:

王润生 吴乐南 朱洪波

委 员:

李小飞	刘 峰	卢官明	彭 洋	邱晓晖	宋建新	王 俊	王福美
吴苏旦	于晓娟	朱秀昌	周 建				

主办单位: 中国图象图形学学会

第十三届全国图象图形学学术会议论文集

前 言

本论文集为由中国图象图形学学会 2006 年 11 月 6 日到 8 日在南京召开的第十三届全国图象图形学学术会议 (NCIG'2006) 论文集。

此次会议共收到投稿 262 篇, 经过程序委员会的认真审阅, 最后共有 150 篇 (57%) 论文被收入此论文集。

此次会议征文的内容覆盖了图象图形领域的各个方面, 包括: 图象采集与处理, 图象编码和通信, 图象水印和信息隐藏, 图象分析和识别, 图象理解和计算机视觉, 计算机图形学与游戏设计, 虚拟现实和增强现实, 多媒体技术, 图象图形技术应用等。

此次会议将所有入选论文分在 20 个分会进行口头报告, 包括: 图象获取 (9 篇); 图象增强 (9 篇); 图象编码 (8 篇); 视频编码传输 (9 篇); 信息隐藏 (5 篇); 水印技术 (9 篇); 多分辨率技术 (6 篇); 图象分割 (8 篇); 目标表达和测量 (7 篇); 目标检测识别 (9 篇); 人脸识别 (6 篇); 生物特征鉴别 (6 篇); 智能交通 (7 篇); 运动分析 (7 篇); 匹配和配准 (8 篇); 融合和重建 (6 篇); 图象检索 (8 篇); 计算机图形 (8 篇); 动画和绘制 (6 篇); 虚拟现实 (8 篇)。论文集的论文按上述分会顺序排列。

此次会议邀请到了三个大会特邀报告, 这些报告的题目和摘要及报告人的简历也收入了论文集。

为审阅投稿论文, 全体程序委员会成员付出了大量的心血; 为出版论文集, 组织委员会的全体成员也做了大量的工作, 在此一并表示衷心的感谢。

程序委员会主席

章毓晋

第十三届全国图象图形学学术会议

大会特邀报告

Mobile Storytelling and Digital Memories in a Cultural Heritage Setting

Nuno Correia

New University of Lisbon, Portugal

Abstract: This talk will present existing and emerging technologies that allow for new narrative forms. Recent trends in ubiquitous computing, sensors and new mobile devices lead to new ways to interact and present content. Storytelling has always been a very powerful form of conveying information and is now being transformed and integrated in computational environments. This talk will discuss the new narrative forms, supported by mobile devices and wireless networks. The authoring of these stories, the design of user interfaces, and the underlying technological infrastructure will be presented with examples. The InStory project, currently being implemented at a cultural heritage site, will be used to describe the concepts and the design and implementation phases of an integrated mobile storytelling solution. The talk will also discuss how digital images and videos captured at a cultural heritage site can be used to guide visits, remember past events, be integrated in stories and augment the overall visitor experience. In this scope the PhotoNav system for mobile multimedia information retrieval will be presented.

Speaker: Nuno Correia is a Professor at the New University of Lisbon, where he conducts courses on Multimedia Computing, Computer Graphics and Image Processing and he heads a research group (IMG - Interactive Multimedia Group) doing work on multimedia information processing, interaction and presentation. He was a researcher at Interval Research Corporation in Palo Alto, California, in 1996/97. Previously, he was a researcher at INESC, Lisbon, Portugal, where he worked on user interfaces for multimedia systems and video indexing. He participated and was work package leader in several EU-funded projects. He was Portuguese representative in international standardisation meetings of the MHEG and PREMO standards. He has recently concluded the ANTS (Augmented Environments) project and is heading a new project InStory (Mobile Storytelling), both funded by the Portuguese Science Foundation. He is also heading a project on lecture capture in video and recently he got a grant from HP to extend this project with mobile technology. Nuno Correia is the chair of the Multimedia Working Group of the Eurographics association, and associate editor of the International Journal of Image and Graphics published by World Scientific. URL: <http://img.di.fct.unl.pt>

第十三届全国图象图形学学术会议

大会特邀报告

Shape Triangulation and Spline Models for Human Face Image Analysis and Animation

Hong Yan

City University of Hong Kong, China, University of Sydney, Australia

Abstract: In this presentation, I'll introduce our recent work on human face image analysis and animation. In our system, we model a face using the Delaunay triangulation. The geometrical properties of Delaunay triangles are used to extract facial features, such as eyes, eyebrows, glasses, nose, mouth, and face boundary. We use the fractal distance for face recognition. This distance makes use of affine transforms and is insensitive to image distortions, such as scaling, rotation and changes in lighting conditions. We have developed a non-uniform rational B-spline muscle system to simulate 3D facial expressions based on features extracted from video sequences. The muscles are constructed based on anatomical knowledge and spline curves. By using different numbers of control points on the muscles, detailed facial expressions and mouth shapes can be generated. Our human face analysis and animation systems have many useful applications to security operations and digital entertainment.

Speaker: Hong Yan received a B.E. degree from Nanjing University of Posts and Telecommunications in 1982, an M.S.E. degree from the University of Michigan in 1984, and a Ph.D. degree from Yale University in 1989, all in electrical engineering. In 1982 and 1983 he worked on signal detection and estimation as a graduate student and research assistant at Tsinghua University. From 1986 to 1989 he was a research scientist at General Network Corporation, New Haven, CT, USA, where he worked on design and optimization of computer and telecommunications networks. He joined the University of Sydney in 1989 and became Professor of Imaging Science in 1997. He is currently Professor of Computer Engineering at City University of Hong Kong. His research interests include image processing, pattern recognition and bioinformatics. He is author, co-author or editor of two books and 300 journal and conference papers in these areas. Professor Yan is a fellow of the Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE), the International Association for Pattern Recognition (IAPR) and the Institution of Engineers, Australia (IEAust) and a member of the International Society for Computational Biology (ISCB).

第十三届全国图象图形学学术会议

大会特邀报告

“平安城市”系统构建原则及关键技术

胡瑞敏

武汉大学，中国

摘要：本报告对城市安防联网监控与报警系统建设的背景和发展趋势进行了阐述和分析，详细介绍了“平安城市”系统的建设要点，在此基础上给出了“平安城市”系统构建的总体原则，重点讨论了系统实施过程中需要重点解决的标准统一，大规模系统联网建设等关键问题，提供了可行的系统技术解决方案，对流媒体分发、转码网关、面向安防的高效视频编码等关键技术的应用与发展进行了分析与探讨，最后给出几类不同的典型应用案例。

报告人：胡瑞敏教授，博士生导师，武汉大学学术委员会副主任委员、信息学部学术委员会主任委员、国家多媒体软件工程技术研究中心常务副主任、武汉大学多媒体网络通信工程湖北省重点实验室主任，武汉大学计算机学院副院长，武汉大学汽车电子信息研究院副院长，湖北省科协常委，湖北省青联常委，国务院政府特殊津贴获得者，国家自然科学基金委员会第八届学科评审组成员，中国信息技术标准委员会多媒体通信分标委成员（TC28），信息产业部数字视音频编解码技术专家组成员（音频组执行主席），公安部城市联网监控报警工程专家组成员、公安部中国安全防范报警系统标准化技术委员会委员（TC100），中国安全防范行业协会专家委员会委员，中国多媒体技术与应用专业委员会咨询、教育与普及委员会主任委员，中国电子商务协会高级专家，中宣部宣传信息网软件招评标专家，信息产业部电子发展基金评审专家，商务部出口机电产品发展研究基金评审专家，遥感信息工程国家重点实验室客座教授，湖北省人民政府第二届学位委员会学科评议组成员，中国计算机青年科技论坛（YOCSEF）武汉分论坛主席，武汉市信息化领导小组专家组成员，武汉市电子政务内网平台专家组成员，联想（北京）有限公司软件技术顾问，武大-丽台多媒体网络通信联合实验室首席科学家。

目 录

图象获取

- 一种新的基于消失点的摄像机标定方法.....胡培成 黎 宁 赵亮亮(1)
- 线结构光快速三维测量系统的全局标定方法研究.....孙国强 许增朴 王永强 于德敏 毕德学(6)
- 用于三维重构的激光三角测量的标定方法.....伯 梅 高 隼 王 磊 偶春生(11)
- 一种新的数码相机畸变改正方法.....李建松(16)
- 基于 SOPC 的高分辨率彩色数字相机的设计.....薛知行 詹超慧 段晓辉 王道宪 杨光临(20)
- 基于格雷码-相移技术的光学三维测量系统.....王 震 戴 宁 程筱胜 廖文和(25)
- “时间冻结”影视特效制作系统.....杨卫英 张 目 张文俊(30)
- 3D 锥形束重构投影轨道的研究.....李真真 杜明辉(34)
- 4 维 SPECT 图像快速定量解析重建.....范 毅 卢虹冰 郝重阳 Zhengrong J.Liang(38)

图象增强

- 基于无抽样方向滤波器组的指纹图像预处理.....王发牛 梁 栋 唐 俊 屈 磊(42)
- 基于模糊逻辑和多尺度分解的医学图像增强算法.....魏 平 李均利 鲁东明 陈 刚(46)
- 噪声图象中提取边缘的边缘分段自增强算法董银文 王航宇 李 鹏(51)
- 一种新的基于模糊均差和小波阈值的医学图像去噪方法.....侯艳芹 李均利 魏 平 陈 刚(56)
- 基于 CURVELET 变换的图像去噪研究.....朱 煜 汪 奇 肖玉玲(61)
- 散焦与运动模糊图像参数辨识的研究.....禹 晶 翁梓钧 苏开娜(65)
- 基于边缘峰态的无参考图像清晰度评价.....王正友 肖 文 叶小琴 樊冰玉(70)
- 基于对比敏感度的图像结构失真测量.....王正友 黄隆华 叶小琴 樊冰玉(74)
- 彩色遥感图像的色调质量评价.....李治江 谢 云 张宏伟(79)

图象编码

- Wyner-Ziv 视频编码的解码算法改进.....干宗良 朱秀昌(85)
- 失真-长度斜率提升隐式感兴趣区域编码.....张志武(90)
- 一种基于小波域的分形编码预测方法.....张梁斌 邹玮刚(94)
- 基于波段相关性和 SPIHT 算法的 MODIS 图像压缩.....邓 黎 李元祥(99)
- 微型飞行器视频信息和遥测数据混合传输研究.....王国栋 吴一全 周建江(103)
- 一种快速可变速率的遥感图像压缩算法.....王 蕊 罗建书(107)
- 一种三维脑图像数据远程可视化新方法.....赵志强 阮宗才 陆祖宏(111)
- 基于统计特性的空域误码掩盖.....邵 慧 刘 峰(115)

视频编码传输

- 基于预测模式直方图的 H.264/AVC 帧内预测快速算法.....田晓冬 田裕鹏(120)

基于自动镜头分割的 H.264 视频压缩编码	那幼超	刘冀伟	汪飞星(125)
H.264/AVC 快速帧内预测模式选择算法	曾焕强	蔡灿辉	(130)
基于 ADDSP-BF533 的 H.264 视频解码的实现和优化	干宗良	朱秀昌	王 凯 莫启敏 诸 雯(135)
约束列表 Viterbi 算法在噪声信道传输图像中的应用	陈东侠	许 明	周 霆 余 轮(140)
基于光流场方程掩盖丢失整帧	薛 萍	刘 峰	哇世晨(144)
实时无线视频系统中的传输差错处理	胡 婧	胡 栋	(148)
基于冗余小波变换的运动估计及 DSP 实现	高 韬	于 明	(153)
基于 MPEG-4 技术的流媒体创作系统的设计改进	周 皓	宋建新	(157)

水印技术

图像数字水印中的模板匹配检测方法及应用	伍祥生	(161)
一种基于遗传算法的水印图像的优化方法	李润午	方志军 韦礼珍(166)
基于 Krawtchouk 矩和小波变换的数字水印算法	郝红杰	吴一全(171)
一种可抗多种攻击的复合数字水印算法	李 强	(176)
一种在图像中嵌入有意义文本信息的新型鲁棒水印算法	秦 娜	张贵仓 魏伟一(182)
抗 jpeg 有损压缩的鲁棒性水印算法	刘 江	王希常 马 磊(186)
一种鲁棒性的 2D 矢量图形水印算法	王 伟	李 岩(191)
一种用于版权保护的文档图像双水印算法	王 婷	王希常 刘 江(197)
基于第二代小波变换的遥感图像数字水印算法	耿 迅	龚志辉 张春美(201)

信息隐藏

矢量地图的无损数据隐藏算法.....	邵承永	王孝通	徐晓刚	牛夏牧(205)
基于可容忍失真的数字图像隐写.....	李 晟	张新鹏	王朔中(210)	
一种压缩视频中的隐写算法.....	徐长勇	平西建	张 涛	韩明旭(215)
基于神经网络的图像隐藏盲检测算法	王 凝	王衍波	张凯泽	刘洪伟
基于二维 Logistic 混沌映射的数字图像流加密算法.....	陈永强	胡汉平(224)		

多分辨率技术

偏微分方程约束的非局部均值图像插值模型	仵冀颖	阮秋琦(228)
基于正则算法的压缩视频超分辨率重建	徐忠强	朱秀昌(233)
特定条件下的图像超分辨重建快速算法	李大勇	吴乐南(238)
索引算法及其在图像多尺度变换中的应用	钱昌松	刘代志 刘志刚 樊宇韬(243)
Curvelet 和 Contourlet 统计模型的算法研究	许灿辉	杨家红 王耀南(247)
能量保持的扩散小波分解	蔡蕴亮	(251)

图象分割

基于多尺度灰度 GAP 统计模型的小波域图像边缘检测	潘华志	耿则勋	郭和伟	马 军(257)
一种基于 LOG 算子提取显著封闭边缘的新方法			盛艳青	孙季丰(262)
一种基于隐 Markov 树的图像分割算法			俞 璐	吴乐南(266)
运动汽车投影阴影分割算法	刘直芳	游 健	王运琼	游志胜(271)

基于水平集方法的脑部 MR 图像分割算法	刘苗苗	黎 宁	吴 园(275)
基于区域生长和 snake 模型的舌像分割	傅之成	李晓强	李福凤(279)
一种基于频域特征的高分辨率遥感图像分割方法	肖鹏峰	冯学智	赵书河 余江峰(283)
基于 Gaussian-Hermite 矩的 SAR 图像分割	孙 莉	张艳宁	胡伏原 赵荣椿(288)

目标表达和测量

顶点链码与 Freeman 链码相互转换新算法	陈优广	杨素娣	顾国庆(292)
动态基线最大倾角的凸壳新算法	周启海	黄 涛	吴红玉 张元新(297)
三维网络模型的线状骨架化算法	田绪红	韩国强	司徒志远 陈茂资 朱同林(302)
数学形态学腐蚀膨胀运算的快速算法	陆宗骥	朱 煜	(306)
布匹色差在线检测的关键问题研究	邹 超	朱德森	汪秉文(312)
基于数字图像处理的面积法晶粒度自动评级	林金萱	王桂棠	李克讷(316)
脉冲光热辐射成像测量中缺陷大小的定量分析研究	赵莹莹	田裕鹏	(320)

目标检测识别

基于支持向量的多类分类器设计	刘怡光	游 健	张建伟(324)
一种实用的人造目标分形特征提取技术	杨绍清	赵晓哲	徐 瑜 林洪文(328)
表格手写数字串的若干技术研究	郑天翔	谢 亮	杨力华(332)
一种基于框线匹配的票据预分类方法	张 艳	娄 震	张重阳 杨静宇(338)
面向高分辨率卫星影像的水面船只免疫检测方法	郑 宏	李 立	孙 涛(342)
基于 Gabor 滤波和血管横断面特征函数的造影图像冠脉中心线提取	李颖超	刘 越	王涌天(347)
基于 Harris 算法的颅骨特征定位	王振利	曹茂永	靳 凯 孔珊珊(352)
鞋印匹配算法	肖 睿	陆乃将	施鹏飞(356)
基于小波不变矩和 BPNN 的智能监控系统的图像识别	林宏基	谷灵康	(361)

人脸识别

人脸识别中特征提取的一种改进方法	薛 燕	李建良	朱学芳(365)
基于小波神经网络的人脸识别方法	杨国鹏	钱方明	罗永亮(369)
基于二维 DCT 与 Elman 神经网络相结合的人脸识别研究	韩 柯	朱秀昌	冯 荃(373)
二维核最大散度差鉴别分析及人脸识别	刘永俊	陈才扣	(377)
改进的二维最大散度差线性鉴别分析及人脸识别	陈才扣	刘永俊	杨静宇(382)
基于 Gabor 特征的线性降维人脸识别算法的实验比较	王树徽	李 乐	章毓晋(387)

生物特征鉴别

基于主动形状模型的人耳图像归一化研究	高淑欣	穆志纯	袁 立 徐晓娜(392)
基于 Adaboost 算法的快速人耳检测	张 惟	穆志纯	(396)
一种面向唇读的彩色人脸图像唇部定位方法	王晓平	付德刚	袁春伟(401)
基于核主元分析和支持向量机的步态识别算法	叶 波	文玉梅	李 平(406)
运用下肢关节角度信息进行步态识别	何卫华	李 平	文玉梅 叶 波 袁海军(411)
心电图 ST 段的样本熵分析	王 俊	马千里	徐 奇(415)

智能交通

- 基于灰度图像的车牌定位算法的研究.....黄文楷 孙季丰(419)
- 复杂背景下的车牌定位与快速分割算法.....古智超 孙季丰(423)
- 一种新的车道标志线检测方法.....裘 伟 付彦君 戴 斌(428)
- 基于水平集方法的遥感图像道路提取算法马 振 吴纪桃 罗中华(433)
- 一种基于改进的 GVF-Snake 模型的车辆跟踪算法.....张 晖 董育宁 夏 洋(438)
- 一种基于快速水平集方法的运动车辆检测.....吴 园 黎 宁 刘苗苗(442)
- 嵌入式视频/图像处理平台.....张 行 应三丛 李 辉(446)

运动分析

- 基于下采样和亚像素相位相关的全局运动估计.....于 白 胡叶风 郑 锦 李 波(450)
- 一种基于空间预测的快速块运动估计算法.....禹 晶 苏开娜(454)
- 自动选择跟踪窗尺度的 Mean-Shift 算法.....钱惠敏 茅耀斌 王执铨(460)
- 基于直线跟踪的室内移动机器人视觉导航研究.....张海波 廖学军 张志威(465)
- 若干背景建模方法的分析和比较.....李小鹏 严 严 章毓晋(469)
- 采用图像轮廓的弹性连接刚体三维建模及其参数确定.....潘海朗 何 青 刘允才(474)
- 高斯混合模型引导下的三维人体运动跟踪.....赵 旭 全明磊 刘允才(478)

匹配和配准

- 图像匹配制导技术研究.....安 如 王慧麟(482)
- 基于导航系统的抗变形图像匹配算法研究.....冷雪飞 刘建业 熊 智(487)
- 一种基于全局约束的立体匹配算法.....赵亮亮 黎 宁(492)
- 基于投影栅相位的立体匹配方法.....赵慧洁 雷彦章 姜宏志(496)
- 一种缺失摄像机标定参数图像的立体匹配方法.....李竹林 赵宗涛 王文发 马 燕(501)
- 一种基于高斯尺度空间的遥感图像匹配算法.....祁 凯 吴秀清 王鹏伟 尹叶飞(505)
- 窗宽窗位对基于互信息的医学图像配准方法的影响.....丛日娟 李均利 侯艳芹 陈北京(509)
- 一种新的基于特征点匹配的图像拼接方法.....高冠东 贾克斌 肖 珂(514)
- 高分辨率卫星遥感影像变化检测技术的研究.....邢 帅 徐 青(518)

融合和重建

- 基于小波变换的 PCB 图像拼接.....罗 兵 王先国 汪红松 陈恒法(523)
- 一种基于 SGNN 和 HIS 的图像融合新方法.....彭 瑶 孙季丰(528)
- 基于区域特性选择的遥感图像融合方法.....马艳军 石爱业 徐立中(532)
- 基于红外双波段多级信息融合的远距离目标检测.....熊大容 杨 烜(537)
- 一种基于图像对的确定平面方程的方法.....吴 迪 孙季丰(542)
- 基于投影器和结构光的人脸曲面三维重建.....陶 俊(546)

图象检索

- 区分真实照片与人工图片的算法与实现.....麦 青 李才伟(551)
- 基于 SVM 的图像分类.....张淑雅 赵晓宇 赵一鸣 李均利(556)
- 基于神经网络的图像语义分类的研究.....孙季丰 邱卫东 余卫宇 余英林(561)

面向视频检索的自适应最优阿而发裁减均值直方图·····	蔡 骋	林健文	谈 正(566)
一种基于前景与背景划分的区域图像检索方法及实现·····	朱远清	李才伟	(570)
基于 GMEM 聚类的 EMD 图像检索·····	丘衍航	杨群生	战荫伟(575)
一种新颖的自动图像标注方法·····	芮晓光	袁平波	何 芳 俞能海(580)
一种基于知识库的图像对象自动识别方法·····	刘旭花	孟祥增	刘俊晓 吴鹏飞(585)

计算机图形

一种基于逆细分的渐进网格生成算法·····	马建平	罗笑南	凌若天	马识佳	郑贵锋(590)
基于多结点样条插值的几何造型修补方法·····	黄 静	张 涛	唐泽圣	齐东旭	(597)
一种基于聚类分析的 Out-of-Core 地形可视化算法·····	张慧杰	孙吉贵	孙红光	罗 娜	(602)
股骨模型重建与变形·····	任 宇	何 青	刘允才	(608)	
三维地质模型的可视化分析技术研究·····				朱良峰	(612)
基于拉伸构造的工程图三维重建·····			祁 燕	王 琰	(618)
基于多种子纹理合成的艺术风格实现·····	钱文华	徐 丹	袁国武	(623)	
基于 SVG 的空间关联规则挖掘·····	李 慧	李 岩	王兴芳	(628)	

动画和绘制

二维矢量动画创作系统的设计与实现·····				谭 洁	(633)
卡通烟雾快速生成系统·····	湛永松	费广正	石民勇	(638)	
基于物理模型的交互式服装实时动画·····	沈 超	沈明炘	赵杰煜	(642)	
基于肌肉模型的语音驱动唇形动画·····	林爱华	张文俊	王毅敏	(647)	
三维地震数据场直接体绘制方法及应用·····	张二华	高 林	马仁安	杨静宇	(651)
赋权树形图的绘制实现方法·····	周挽澜	朱学芳	常艳丽	(655)	

虚拟现实

基于元语的语义描述模型构造方法·····	张建伟	刘怡光	李 辉	(660)	
增强现实一致光照技术研究·····			葛学东	(664)	
Shockwave3D 网络虚拟交互平台设计与实现·····	赵光俊	张 目	张文俊	(668)	
用 VRML 实现交互式动态流体仿真·····	陈永健	李才伟	(673)		
VR/AR 中基于贝叶斯预测滤波算法框架的实现·····	张 剑	谈国新	宋婉娟	余永宏	(678)
基于立体显示技术的航海模拟器研究·····	杨 晓	金一丞	杨慎欣	(683)	
虚拟战场环境中的红外成像仿真的应用·····	韩 阳	万 刚	李 峰	姚霄飞	(688)
视景仿真中云的建模与实时渲染技术研究·····	李 峰	万 刚	韩 阳	姚霄飞	(693)

1992 年 Hartley^[4]和 Faugeras^[5]首次提出摄像机自标定思想以来,这种方法已经成为计算机视觉领域的研究热点之一^[6-8]。

作为射影几何中一个非常重要的特征,消失点被广泛应用于摄像机标定^[9-12]。陈泽志提出了一种新的基于线性模型的相机标定方法^[9],该方法首先利用三点透视投影图、灭点和向量正交的性质来得到一组非线性方程,然后将其转换为线性方程组,最后高精度地求出全部内参数。该方法要求空间中有互相垂直的 3 组平行线,这个要求比较苛刻,而且此方法只能标定四参数模型。Liu Ying 等人提出了基于共面消失点的摄像机标定方法^[10],但是该方法要求制作精确定位的点阵模板,而且要求严格匹配图像点和模板点,过程比较复杂。胡钊政提出了一种仅利用一组相互正交方向的消失点来对摄像机进行标定的算法^[11],但是该方法根据一个模板图像只能得到一组相互垂直的消失点连线,这样至少要求拍摄 6 幅图像,而且该方法消失点求取的精度不高。由于以上方法存在一些不足,因此本文利用射影几何中的调和共轭理论高精度的求出消失点,并结合消失点对摄像机内参数的约束,给出了一种基于正方形模板的摄像机内参数求取方法。该方法充分利用了正方形对角线相互垂直的性质^[13],根据一幅图像可以得到两组相互正交的消失点连线,因此最少只要拍摄 3 幅图像就可以线性求取全部内参数,降低了标定的复杂度。此外,该方法对摄像机运动没有什么要求,也无须知道正方形的任何几何信息;不涉及图像匹配,避免了边缘检测和直线拟合所带来的误差,精度比较高。

2 基本原理

摄像机的成像模型通常可以用针孔模型来表示(图 1), (X_w, Y_w, Z_w) 表示空间点 P 的三维世界坐标, (X_c, Y_c, Z_c) 是同一点 P 在摄像机坐标系中的坐标。摄像机坐标系定义为:中心在 O_c 点(光学中心), z_c 轴与光轴重合, x_c 轴、 y_c 轴分别平行于 X 轴、 Y 轴。定义 OXY 平面为图像平面,则空间点与图像平面间构成理想的透视对应。 f 为理想成像系统的焦距, (u, v) 是计算机帧存图像坐标系中的坐标,单位是像素, (u_0, v_0) 为计算机图像中心坐标^[1]。

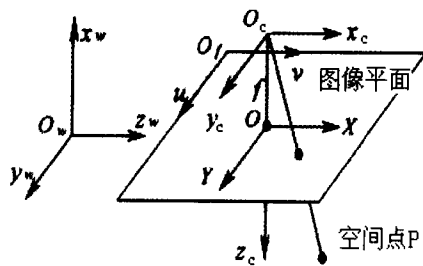


图 1 摄像机针孔模型

空间点 P 的三维坐标 $(X_w, Y_w, Z_w)^T$ 和其图像平面的像素点坐标 $(u, v)^T$ 之间的投影关系可表示为:

$$\alpha(u, v, 1)^T = M(X_w, Y_w, Z_w, 1)^T = K[R \ T](X_w, Y_w, Z_w, 1)^T \quad (1)$$

式中 α 是任意常数, $(u, v, 1)^T$ 和 $(X_w, Y_w, Z_w, 1)^T$ 是相应的齐次坐标, M 是 3×4 的投影矩阵。其中

$$K = \begin{bmatrix} f_u & s & u_0 \\ 0 & f_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

就是摄像机的内参数矩阵, R 和 T

分别表示摄像机坐标系在世界坐标系中的旋转矩阵和平移矩阵, 本文的摄像机标定方法主要就是求取内参数矩阵 K 。 (u_0, v_0) 是主点坐标, f_u, f_v 分别表示 u 和 v 方向上的焦距, 单位为像素, s 是描述图像平面两个轴之间的偏斜系数。

欧氏空间中平行直线永不相交,但在射影几何中两平行直线却交于无穷远处一点,该点在图像平面的投影点称为消失点。消失点有一个重要性质:连接消失点和摄像机光心 O 的连线与形成该消失点的空间平行线平行(图 2)。

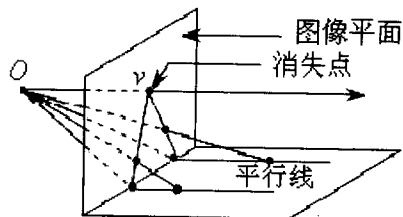


图 2 消失点的性质

3 摄像机内参数求解算法

3.1 由正方形模板确定消失点

设场景中有一正方形 ABCD, 如图 3(a) 所示, A、B、C、D 是正方形的四个顶点, E、F、G、H

分别是其四条边的中点， O 是正方形对角线的交点。AC、GH、DB、FE 方向的无穷远点分别是 $P_{1\infty}$ 、 $P_{2\infty}$ 、 $P_{3\infty}$ 、 $P_{4\infty}$ ，该模板的像如图 3(b) 所示。 A_m 、 B_m 、 C_m 、 D_m 、 E_m 、 F_m 、 G_m 、 H_m 、 O_m 分别是 A、B、C、D、E、F、G、H、O 的像点。 p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 分别是 A_mC_m 、 G_mH_m 、 D_mB_m 、 F_mE_m 方向上的消失点。

根据射影几何中调和共轭理论^[14]，容易证明一条线段被它的中点和该直线上的无穷远点调和分割。因为 O 分别是 AC、DB、FE 和 GH 的中点，所以得到如下等式：

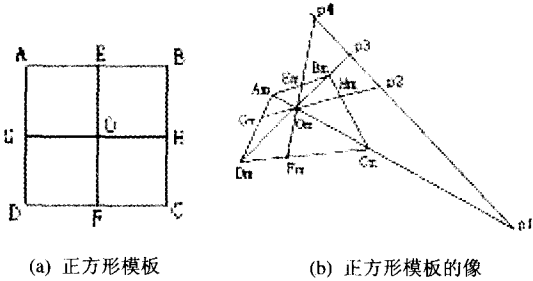


图 3 正方形模板及其图像平面的像

$$\begin{cases} (A, C; O, p_{1\infty}) = -1 \\ (G, H; O, p_{2\infty}) = -1 \\ (D, B; O, p_{3\infty}) = -1 \\ (F, E; O, p_{4\infty}) = -1 \end{cases} \quad (2)$$

根据射影变换相应顶点的对应性和交比不变性，我们可以得到^[12]：

$$\begin{cases} (A_m, C_m; O_m, p_1) = -1 \\ (G_m, H_m; O_m, p_2) = -1 \\ (D_m, B_m; O_m, p_3) = -1 \\ (F_m, E_m; O_m, p_4) = -1 \end{cases} \quad (3)$$

设 A_m 、 B_m 、 C_m 、 D_m 、 E_m 、 F_m 、 G_m 、 H_m 、 O_m 的坐标为 (u_A, v_A) 、 (u_B, v_B) 、 (u_C, v_C) 、 (u_D, v_D) 、 (u_E, v_E) 、 (u_F, v_F) 、 (u_G, v_G) 、 (u_H, v_H) 、 (u_O, v_O) ， p_1 、 p_2 、 p_3 、 p_4 的坐标分别是 (u_{p1}, v_{p1}) 、 (u_{p2}, v_{p2}) 、 (u_{p3}, v_{p3}) 和 (u_{p4}, v_{p4}) ，由式(3)解得下面一组等式：

$$\begin{aligned} u_{p1} &= \frac{u_O \times (u_A + u_C) - 2 \times u_A \times u_C}{2u_O - u_A - u_C} \\ v_{p1} &= \frac{v_O \times (v_A + v_C) - 2 \times v_A \times v_C}{2v_O - v_A - v_C} \\ u_{p2} &= \frac{u_O \times (u_G + u_H) - 2 \times u_G \times u_H}{2u_O - u_G - u_H} \\ v_{p2} &= \frac{v_O \times (v_G + v_H) - 2 \times v_G \times v_H}{2v_O - v_G - v_H} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_{p3} &= \frac{u_O \times (u_B + u_D) - 2 \times u_B \times u_D}{2u_O - u_B - u_D} \\ v_{p3} &= \frac{v_O \times (v_B + v_D) - 2 \times v_B \times v_D}{2v_O - v_B - v_D} \\ u_{p4} &= \frac{u_O \times (u_E + u_F) - 2 \times u_E \times u_F}{2u_O - u_E - u_F} \\ v_{p4} &= \frac{v_O \times (v_E + v_F) - 2 \times v_E \times v_F}{2v_O - v_E - v_F} \end{aligned} \quad (4)$$

在正方形的图像平面上检测出点 A、B、C、D、E、F、G、H、O 的坐标后，代入(4)即可求出两组正交方向消失点的坐标。

3.2 摄像机内参数的线性求解方法

假设空间中存在一对正交的平行线段，它们的无穷远点分别为 $P_{1\infty}$ 、 $P_{2\infty}$ ，相应的消失点为 p_1 、 p_2 。根据成像原理可得：

$$\begin{cases} \alpha_1 p_1 = K[R \ T]P_{1\infty} \\ \alpha_2 p_2 = K[R \ T]P_{2\infty} \end{cases} \quad (5)$$

由消失点的重要性质可知光心和消失点的连线方向与无穷远点的坐标矢量方向一致，则光心 O 与 $P_{1\infty}$ 的连线和 O 与 $P_{2\infty}$ 的连线相互垂直，因此可以得到下面一个通用的等式：

$$\begin{aligned} p_1^T K^{-T} K^{-1} p_2 &= \alpha_1 P_{1\infty}^T [R \ T]^T \alpha_2 [R \ T] P_{2\infty} \\ &= \alpha_1 \alpha_2 P_{1\infty}^T P_{2\infty} = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

对于本文的正方形模板可以得到下面一组等式：

$$\begin{cases} p_1^T K^{-T} K^{-1} p_3 = 0 \\ p_2^T K^{-T} K^{-1} p_4 = 0 \end{cases} \quad (7)$$

令 $C = K^{-T} K^{-1}$ ，则 C 的真实含义是无穷远平面上绝对二次曲线在图像平面上的像。注意到 C 是一个对称矩阵，包含 6 个未知量。将(7)写成线性方程形式：

$$\begin{cases} u_{p1} u_{p3} C_1 + (v_{p1} u_{p3} + u_{p1} v_{p3}) C_2 + (u_{p1} + u_{p3}) C_3 \\ + v_{p1} v_{p3} C_4 + (v_{p1} + v_{p3}) C_5 + C_6 = 0 \\ u_{p2} u_{p4} C_1 + (v_{p2} u_{p4} + u_{p2} v_{p4}) C_2 + (u_{p2} + u_{p4}) C_3 \\ + v_{p2} v_{p4} C_4 + (v_{p2} + v_{p4}) C_5 + C_6 = 0 \end{cases} \quad (8)$$

对正方形模板从不同位置拍摄 N 幅图像，建立 N 组类似于(8)的方程 $A_{2N \times 6} C_{6 \times 1} = 0$ ，其中 $C_{6 \times 1} = [C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6]^T$ 。当 $N \geq 3$ 时，可以用最小二乘法求解出 $C_{6 \times 1}$ ，方程的解是将矩阵 $A_{2N \times 6}$ 奇异值分解时所对应的第 6 列奇异向量。

一旦计算出 $C_{6 \times 1}$, 矩阵 C 就可以得到, 进一步就可以求解出所有的内部参数。通过矩阵 C 计算内部参数的常用方法是对矩阵 C 进行乔里斯基 (Cholesky) 分解, 先分解出 K^{-1} , 然后再对 K^{-1} 求逆得到 K , 但是这个方法计算比较复杂, 而且精度不是很高。本文采用的是 Zhang 提出的方法^[3], 即通过矩阵 C 逐个求解摄像机内参数的方法。内部参数的计算公式如下:

$$\begin{cases} v_0 = (C_2 C_3 - C_1 C_5) / (C_1 C_4 - C_2^2) \\ \lambda = C_6 - [C_3^2 + v_0 (C_2 C_3 - C_1 C_5)] / C_1 \\ f_u = \sqrt{\lambda / C_1} \\ s = -C_2 f_u^2 f_v^2 / \lambda \\ f_v = \sqrt{\lambda [C_1 / (C_1 C_4 - C_2^2)]} \\ u_0 = s v_0 / f_u - C_3 f_u^2 / \lambda \end{cases} \quad (9)$$

4 实验结果

为了验证算法的有效性, 我们进行了一系列实验。使用的是 Canon Power Shot G5 数码相机, 利用地面的正方形地砖作为标定模板, 拍摄时尽量使模板充满整个图像平面, 图像分辨率为 1600×1200 。我们对正方形模板从不同角度拍摄了 15 幅图像, 由于篇幅的原因, 只给出其中的三幅图像, 如图 4 所示。图中 A、B、C、D、E、F、G、H 分别表示正方形的 4 个顶点以及四条边上的中点, O 表示的是正方形的中心点。我们将 15 幅图片分成 5 组, 每组分别做 10 次实验, 将 10 次实验结果取均值作为一组结果。

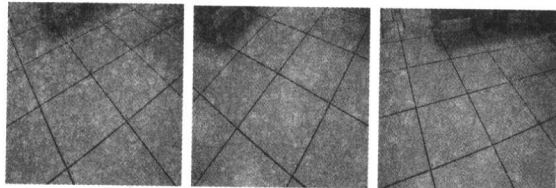


图 4 数码相机拍摄的三幅图像

获得不同角度拍摄的图像之后, 主要的步骤就是求取正方形的角点 A、B、C、D、E、F、G、H、 O 。角点提取一般都是通过边缘检测和直线拟合方法来的, 即首先用 Canny 算子进行边缘检测, 然后对结果进行霍夫 (Hough) 变换, 通过拟合出的直线参数来求得直线的方程, 再求取直线的交点。

由于噪声对霍夫变换和边缘检测的影响比较大, 使得上述这种角点提取方法有局限性。这种方法一般适用于在白色背景上打印出少量直线和曲线的情况, 此时模板图像上仅含有极少量的噪声点。而在噪声点很多的情况下, 该方法计算的误差会比较大。为了降低误差, 我们采用手工操作提取角点的方法。对每个角点手工操作 3 次, 然后将 3 次结果取平均值作为该角点的图像坐标。提取出角点之后, 根据前述算法求解出摄像机内参数, 5 组摄像机内部参数标定结果见表 1。

表 1 摄像机内部参数标定结果

内参数	第一组	第二组	第三组	第四组	第五组	运算结果
f_u	1641.1	1639.1	1607.7	1619.8	1644.7	1630.48
f_v	1680.3	1646.5	1645.2	1601.9	1645.4	1643.86
u_0	798.9	801.6	755.9	861.3	801.6	803.86
v_0	592.8	576.7	640.5	558.1	564.5	586.52
s	2.7	0.7	-36	63.4	0.7	6.3

为了比较算法的优越性, 对文献^[11]中的算法进行了仿真, 并用图 4 中的图片进行标定, 比较结果如表 2 所示。

表 2 本文方法和文献^[11]中标定方法计算结果的比较

两种方法	f_u	f_v	u_0	v_0	s
本文方法	1630.48	1643.86	803.86	586.52	6.3
文献 ^[11] 方法	1642.3	1621.55	790.8	557.25	11.3

从两组数据的比较可以看出, 本文方法计算出来的偏斜系数 s 是比较理想的, u_0 、 v_0 相对于文献中直线特征方法更加接近标准值。因此本文的方法计算误差更小, 更加有效, 具有优越性。

为了验证算法的高精度性, 我们做了一组对比实验, 文献^[9]中所使用的模拟相机内参数为 $f_u=400$, $f_v=600$, $u_0=50$, $v_0=50$ 。将文献^[9]中的消失点坐标代入本文方法, 求解出模拟图像的摄像机内参数。表 3 给出了两种方法运算结果的比较 (由于文献中的方法只能标定四参数模型, 不能标定出 s , 所以我们只比较 4 个参数)。从表 3 的比较结果可以看出, 在消失点坐标相同的情况下, 本文提出的方法比文献中的方法计算结果更精确, 误差更小。

表 3 本文方法和文献^[9]中标定方法计算结果的比较

两种方法		u_0	v_0	f_u	f_v
文献方法	1.2	50.12	49.38	396.13	594.43
	1.4	48.77	51.23	397.50	569.45
	2.4	52.46	51.66	452.37	537.16
本文方法	1.2	49.7974	50.2324	400.7843	598.3289
	1.4	49.8200	50.1943	400.9321	598.0647
	2.4	50.0049	50.0019	399.9883	599.9878

5 结论

本文从消失点知识入手，结合射影几何中的交比和调和共轭的一些性质，提出了一种新的摄像机内参数求取方法，该方法不需要知道正方形的尺寸和位置信息，只需要对正方形从不同位置拍摄 3 幅图片，就可以线性求解出摄像机的所有内部参数。该方法减少了摄像机的运动次数，过程简单，不涉及图像匹配和直线拟合。大量的实验证明了本文方法的高精度性和有效性。

参 考 文 献

[1] 马颂德,张正友. 计算机视觉——计算理论与算法基础[M]. 北京: 科学出版社, 1998:52-56.

[2] Tsai R Y. A versatile camera calibration technique for high accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV camera and lenses[J].IEEE Journal of Robotics and Automation, 1987, 3 (4):323-344

[3] Zhang Z Y. A flexible new technique for camera calibration, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000, 22(11):1330-1334.

[4] Hartley R. Estimation of relative camera positions for uncalibrated cameras[A]. In: Sandini G, ed. Proceedings of the ECCV. NLCS 588, Springer-Verlag, 1992. 579~387.

[5] Maybank SJ, Faugeras OD. A theory of self-calibration of a moving camera. International Journal of Computer Vision, 1992,8(2):123~151.

[6] 雷 成,吴福朝,胡占义. Kruppa 方程与摄像机自标定[J]. 自动化学报,2001,27(5): 621-630.

[7] Wang G H, Hu Z Y, Wu F C. Novel approach to circular points based camera calibration[A]. Proceedings of the 2nd International Conference of Image and Graphics[C]. Hefei SPIE vol.4875, 2002: 830-837.

[8] 张维勇,王 征,翟 鸣,等. 基于射影不变量的摄像机自标定方法[J]. 中国图象图形学报,2005, 10(11),1432-1435

[9] 陈泽志,吴成柯. 一种新的手提相机自标定方法[J]. 中国图象图形学报,2003,8(3): 341-346.

[10] Liu Y, Wu YX, Wu M P, et al. Planar Vanishing Points Based Camera Calibration[A]. Proceedings of the Third International Conference on Image and Graphics[C]. Los Alamitos, Calif: IEEE Computer Society,2004, 460-463

[11] 胡钊政,谈 正. 一种基于二消失点的摄像机自标定新算法[J]. 空间电子技术,2005,(1): 42-46.

[12] 王 年,范益政,梁 栋,等. 一种基于等腰梯形的摄像机自标定方法[J].东南大学学报,2005,35(2):195-198

[13] R. I. Hartley and A. Zisserman, Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge: Cambridge University Press, 2004: 228-229

[14] 钟 集,唐素兰,叶木秀.高等几何(第二版)[M]. 武汉: 武汉大学出版社,2005:50-54.