

第一届全国计算机视觉学术会议

论文集

1st National Symposium on  
Computer Vision Proceedings



(上)

中国计算机学会人工智能与模式识别专业委员会  
上海市计算机学会人工智能专业委员会

## 序 言

为了促进我国计算机视觉, 图象处理和模式识别学科的研究, 交流技术成果, 跟踪世界高技术的发展, 推动我国计算机视觉在国民经济建设中的应用, 中国计算机学会和上海计算机学会决定于1989年10月25--28日在上海市召开“第一届全国计算机视觉学术会议”。

计算机视觉是计算机应用的重要领域。人类获得信息80%是从眼睛得来的。使计算机看图识字, 具有识别环境的功能, 会大大扩展计算机应用的范围和深度, 它将在工业自动化, 办公自动化、机器人、医学、遥感、交通、航天等一系列部门有广阔应用前景。立体视觉、序列图象分析、神经网络等是一些特别活跃的领域。计算机视觉作为专题学术交流是十分有益的。

会议组织工作是由“中届计算机学会人工智能与模式识别专业委员会”及“上海市计算机学会人工智能专业委员会”负责的。会议收到论文160多篇, 经审稿委员会录用100余篇, 作为会议正式论文发表。这些论文反映了我国计算机视觉最新研究与应用的现状与进展, 许多论文发表了其独创的思想观点及踏实工作成果, 具有较大的参考意义和应用价值。国内外计算机公司还在会上展出最新图象系统产品, 将使会议内容更为丰富。这里对论文作者, 会议支持者及工作人员表示衷心感谢!

中国计算机学会人工智能与模式识别专业委员会付主任  
上海市计算机学会人工智能专业委员会 主任  
第一届全国计算机视觉学术会议筹委会 主任

宣国荣  
1989.10

### 会议程序委员会名单(姓氏笔划为序)

马颂德	王成道	王绍霖	石纯一	孙仲康	李介谷	李允明	李淑渠
何永保	何世达	何志钧	何守才	吴立德	吴继显	严洪范	杨静宇
张 健	陈仁甫	郑南宁	宣国荣	徐建华	袁保宗	顾立尧	钱家骅
蒋新松	慕国康						

秘书: 李杰 陈臻祺

目录

<一> 立体视觉

1.1	基于知识的双摄像头三维视觉系统	竺卫东	李允明	1
1.2	用单个透视投影识别空间多边形	郭雷		7
1.3	基于模型的三维物体识别方法的研究	陆乃将	李衍达	13
1.4	用二幅图象和边长信息唯一地恢复平面块三维坐标	宣国荣	姚键超	16
1.5	立体视觉多通道结构匹配法	顾创	吴立德	22
1.6	关于三维形态估计的一个问题	巍湘曙		27
1.7	GRIMSON-LOZANO 三维物体识别算法的扩展试验	袁太刚	潘士先	31
		夏宇闻		
1.8	成像几何的若干问题	吴渝彦	徐建华	35
1.9	基于特征的立体视觉并行匹配算法	杨敬安	张莫成	39
1.10	三相机立体视觉	胡荣祥	董铁军	45
		毛素银		
1.11	用计算机立体视觉原理重建三维数字表面	李荣兴		47
1.12	一个重建二维图象的 AI 方法	费耀平	谷士文	56
1.13	摄象机模型矩阵的分解方法	宣雷	徐建华	60
1.14	体视法提取景物深度信息	厉万庆	张森	64
1.15	用于变焦视觉的弹性匹配方法	郭轩		67
1.16	从灰度及其变化恢复表面形状的研究	陈臻祺		69
1.17	序列图象中提取刚体运动参数的最小二乘算法	宣国荣	姚键超	73

<二> 运动序列分析

2.1	基于序列图象估计物体三维运动参数一种新算法	何明浩	刘武	76
		熊衍仁		
2.2	用于目标跟踪的一种新的符号匹配方法	曾迎生	张桂林	79
2.3	一种有效的动态图象序列平滑处理方法	李江		81
2.4	用运动一致性准则约束点匹配	魏国庆	何振亚	86
		马颂德		
2.5	用 N 对观察点来确定运动物体是否为平面的有效方法	邢小良	庄新华	90
2.6	基于展次基元结构的运动图象匹配算法	王晓军	傅洁	96
		吴立德		
2.7	运动图象分析的连续处理方法	傅洁	吴立德	101
2.8	多目标实时跟踪测量系统	吕维雪	胡大可	106
		原列平		
2.9	用多摄像机求解三维运动刚体的位移和运动朝向	王志凌	罗秀芳	110
2.10	平面型目标在三维空间运动的估计	陈刚	方廷健	114
2.11	不用点对应的三维运动参数估计	林敏杰	鞠德航	117
2.12	从视觉流对应恢复物体的三维空间运动	陆庆	周新	119

<三> 基于知识的视觉系统

3.1	飞机目标的特征选择和提取	戴震	毕都彦	126
		李响		
3.2	遥感图象分类专家系统的黑板控制模型	李爱生	柳健	128
		黄铁侠	郭建文	

3.3	ALV 自学习道路跟踪	李树祥	黄晓德	133
3.4	两维重迭物体的识别	张鸿宾		135
3.5	关系数据结构的一种不精确匹配	冯建生		140
3.6	对于 KBVS 的现状及其发展的探讨	李允明	张晓军	142
3.7	用知识模式网理解室外自然景物的智能视觉系统	王志凌	罗秀芳	146
		路祖铭	程琪青	
3.8	匹配误差的形态学度量	龚 炜	石青云	151
3.9	计算机视觉系统中的分割区域知识表达形式及算法	吴春明	朱森良	155
3.10	三维物体理解中的知识结构初析	过耀中		159
3.11	地图知识库系统	孙建伶	吴春明	161
		朱森良		
<四> 形状表示与分析				
4.1	形状的沃尔什分析	陆乃将	李衍达	166
4.2	一种八元树的快速旋转算法	沈新权	谷士文	168
4.3	利用线性四元树中轴变换重建线性四元树	张田文	李仲荣	172
4.4	标准线性四元树在模式识别中的应用	张田文	李仲荣	178
4.5	一种基于峰值的景物形状分析方法	雷向康	周曼丽	184
4.6	用链码模板对区域进行描述与匹配	李玉山	李凯峰	186
4.7	多面体的 HOUGH 空间特征识别方法的研究	王华迪	施鹏飞	189
<五> 图像理解系统				
5.1	荧光粉涂层混色自动检测系统	詹 宏	丁明跃	191
		彭嘉雄		
5.2	一种用于工件识别的机器人视觉系统	白 焱	彭嘉雄	193
5.3	静态图象采集板 SIPS-II 的研制	毕都彦	戴 鹏	197
5.4	PIPS 体育录像解析系统	吴敏金	蔡文康	199
		龚铭新		
5.5	低价图象输入接口系统	杨兆迭	国澄明	201
5.6	一种简易实用的图象处理系统	彭 强	扈 强	203
		姚卫东		
5.7	一种简便的图象处理系统	渠 速	聂大同	206
		高鹏飞	毛 刚	
5.8	机械扫描式图像 / 图形生成及处理系统	乐光启	于 雷	208
5.9	医用超声成像系统的新型数字化扫描变接器	乐光启	胡修泰	210
5.10	CID-100 生物图象数据微机处理系统图象接口电路分析	张耀远	吴立丹	212
5.11	PC/AT 微机图象处理系统	夏良正	顾宗恣	215
		朱佩英	丁则信	
5.12	高效率的帧存储器	蔡燕波	莫玉龙	218
5.13	带钢头部形状检测及优化剪切系统	孙一康	王力飞	221
5.14	图象板技术在信函分选机中的应用	许海华	夏海良	223
5.15	机器人视觉实验系统	李敦玲	梁震源	225
5.16	基于规则的图值理解专家系统	陶文祥	曾湘燕	229
<六> 图形生成与仿真				
6.1	线框图模型和相应简单光照模型三维显示消隐算法	王 柏	宣国荣	233
6.2	一种新的角度表示法——泛角及相应的绕坐标旋转算法	刘鸿键	袁 琛	237
6.3	图象图形合成法实现视觉模拟初探	彭建华	黄振华	239
6.4	机器人图形仿真的研究	李春梅	王棣棠	242

<七> 机器 视觉

7.1	基于特征的作业面空间姿态和旋转变换参数计算方法	康南生	吴翼娜	246
7.2	论机器人视觉	胡庆茂	陈锦江	251
7.3	基于摄像机和超声传感器的机器人视觉闭环控制系统	詹跃东	曹柏林	259
		陈辉堂		
7.4	一种用双相机检测障碍物的新方法	朱 枫	吴继显	263
		徐心平		
7.5	行走机器人探测路面 3-D 形状的视觉技术	洪金木		267
7.6	利用改进的 B-P 神经模型实现多体汉字的学习与识别	黄晓非		271
7.7	一种基于彩色视觉自治车视觉导航的道路分割方法	朱铁山	吴继显	274
7.8	机器人视觉系统的研究	李金伴		276

<八> 编码与压缩

8.1	五邻域边缘差分链码的图形压缩	郭新平	楚天鹏	270
8.2	一种新的多灰度图象的压缩编码方案	袁占亭	郭椿标	282
		许金生	李长河	
8.3	用变换域中的自适应矢量量化方法实现图象信息的压缩	张又又	董志信	285
8.4	视觉在图象编码中的作用	孙山东		290
8.5	矢量量化在静态图象编码中应用	杨有为	赵若平	292
8.6	图象信号离散余弦变换域的矢量量化编码方法	何任杰	张总成	294
		沈雪勤	刘锡安	
8.7	图像等值线编码存储及重建的改进	宁 飞	赵 红	298
		林 虹		

<九> 神经网络

9.1	利用神经网络对手写数字识别的探讨	罗四维	杜 矛	302
		袁宏文		
9.2	基于 HOPFIELD 神经网络模型的启发式学习算法及其在数字模式处理中的应用	姚毓林	张逸敏	304
		洪 进		
9.3	用于视觉模式识别的神经网络模型	张胜持		308
9.4	识别手画的一般几何图形	季寒冰	戚飞虎	312
9.5	用于文字识别的自适应神经网络系统	何 煜	叶以正	316
		李仲荣		
9.6	随机点立体图对体视匹配神经网络的研究	贺朋令	蔡元龙	318
9.7	基于人工神经网络的低限制手写数字识别	林慎机		320
9.8	单层逻辑神经网络	杨国庆	陈松涛	323
		徐 涛		

<十> 汉字识别

10.1	手写体汉字的 PLS 识别法	吴敏金	李 蓓	327
10.2	基于数学形态学并具有启发式搜索功能的印刷体汉字分类方法	唐 松	郑南宁	331
		郭椿标		
10.3	一种基于笔划元和笔划元对的限制性手写汉字识别方法	刘 永		335
10.4	基于形状分析法的行驶车辆牌照数字识别	胡 超	戴 莹	337
		郑南宁		
10.5	自由手写字符预处理的专家系统	张心叶		341

## <十一> 视觉应用

11.1 计算机物体识别与定位系统	毕红葵	彭嘉雄	343
11.2 微循环血流中白细胞的识别	徐尚平	骆力	347
11.3 干涉条纹图的计算机自动分析及其应用	李树祥	李允明	351
11.4 指纹模式匹配的“中心-近邻”方法	赖建苏		
11.5 多层印刷电路板 PCB X 线照片的自动识别	朱剑平		
11.6 印刷电路板缺陷的视觉检验	李军		355
11.7 用保护连通性算法检查印刷线路板表面缺陷	王创新	罗仲广	361
11.8 手描逻辑电路图的计算机自动识别系统	李杰	宣国荣	363
11.9 肺癌细胞图像的计算机识别系统	王正安	宣国荣	366
	张文蔚	严洪范	371
	严洪范	刘敏	375
	唐立吾		
11.10 保持连通性收缩的印制电路板检测方法	陈文琦	施鹏飞	379

## <十二> 图像处理

12.1 图象处理中形态学变换的软件实现	戴震	郭明杰	384
12.2 灰度图象放大的平滑处理	毕都彦		
12.3 图象平滑在红外成象系统中的应用	李名世		388
12.4 一种用于线图两值图象的细化算法	黄沛然		390
12.5 考虑灰度倾斜方向的点阵打印机浓淡图象表示	王吉仁		397
12.6 一种文本图象快速平滑细化的算法	金天荣		401
	唐松	郭椿标	403
12.7 图像分析中的边界链码应用	郑南宁		
12.8 子象素对准研究综述	胡泽民		407
12.9 一种用于图象识别和畸变参数估计的快速方法	郑兆瑞	田琦	412
12.10 数学形态学边缘检测	李克勤	宋文强	423
12.11 数学形态学加权运算及其在二值图象处理中的应用	丁润涛	路坤	431
12.12 积木世界物体透视图的三维理解	谭兆信		433
	姚键超	宣国荣	436

## <十三> 其它

13.1 模式信息处理的进展	宣国荣	黄泰翼	438
13.2 自动寻的制导与计算机的人工智能技术需求	张国友		445
13.3 场域视觉信息时空转译--计算机图象处理和航空航天遥感技术实用于风景景观工程的方法研究	刘滨谊		447
13.4 计算机图象与视觉设计	赵淑华	渠速	453
	聂大同	高鹏飞	
13.5 一种适合模式线状分布的快速分类法	刘建庄		456
13.6 从图象处理到计算机视觉	程虎		460
13.7 人类视觉和机器视觉中的群集	方驰		462
13.8 一类快速匹配算法的实验与比较	丁明跃	王宇军	473
	彭嘉雄		
13.9 手写汉字识别的自然层次映射法及其模拟实验系统	郑重	陈玲	475
	陈学德		

## 附录

- A1. VICOM/VME 系列图像与图形处理工作站  
南科电子有限公司
- A2. 翔裕系统工程公司 (FORTEK SYSTEMS COMPANY)

# 基于知识的双摄像头三维视觉系统

竺卫东 李允明

·中国纺织大学自动化系人工智能及机器人研究室

## 摘 要

本文设计了一个基于知识的三维视觉系统,以完成空间物体的定位和识别任务,整个系统分三级规则自上而下控制,从而使系统居有较大的灵活性。系统实现了特征点的自动获取,改进了Moravec提出的“兴趣算子”法,抽取边缘特征时,用了改进的Frei-Chen方法,并运用非均匀量化和预加重技术,特征点配准要采用序贯分层的配准法,在配准时,运用了一系列由经验知识导出的规则,从而大幅度地减少了计算量。由三维数据到物体空间姿态的获得过程中,根据刚体运动规律,总结了一些知识规则,由知识规则来引导物体与模型间的匹配过程,解决匹配时的组合爆炸和多义性问题,使用了建立结构坐标系的方法来保证转换关系矩阵 $T$ 中旋转部分 $(R)$ 满足刚体运动的约束条件 $R^T \cdot R = I$ 。本系统在IBM-PC/XT上实现,运动状况良好。

## 一、前 言

获得空间距离的方法很多<sup>[1]</sup>,有主动光源法和被动光源法,我们采用属于被动光源法的双目体视法来获得物体的三维信息,其原理是双目体视的不一致性,根据此不一致性,可由三角法求得表面点的三维坐标。

用双目体视法来测距,很关键的一步是确定物体上点在两幅图象上的对应位置,即配准问题,根据配准法,可将其分为基于区域和基于特征两类,由于基于区域的配准方法,其配准速度相当慢,Bernea和Silveman<sup>[3]</sup>提出了序贯配准法来提高搜索效率,Rosenfeld<sup>[4]</sup>提出了粗细模极法,Wong和Hall<sup>[5]</sup>将其推广到多层,实现了分层配准,从而进一步减少了搜索空间,缩短了配准时间,基于区域法虽然简单,但对两幅图的亮度变异,几何形变,噪声等很敏感,易造成失配和误配,改进的方法是用基于特征的配准法,我们采用基于边缘特征的序贯分层配准法。

在双目视法中,对每个图象点都进行匹配是没有必要的,因为有的点缺乏判别细节,为了提高匹配效率,避免失配,必须对图象信息进行筛选,选择那些周围细节较丰富的点(如角点)作为匹配候选点(特征点)是比较合理的,选择特征点的方法很多,我们分析了Moravec<sup>[6-7]</sup>Kitchen-Rosenfeld<sup>[8]</sup>,Zuniga<sup>[9]</sup>Brik<sup>[10]</sup>等人提出各种求角点的方法,认为Moravec提出的方法最为简单,且很有效,然而Moravec的方法也存在有一些缺点,我们对其进行了改造。

一堆特征点的三维坐标数据,如果不加以整理,进行加工,不能对物体作出任何有意义的解释,我们将输入图象到获得三维坐标这个过程称为低级处理;将这堆“无意义”的数据变成有意以的解释的处理过程称为高级处理,这种解释包括物体在空间所处的姿态,物体属于那一类,即空间物体识别等。

要进行高级处理,首先必须解决的问题是如何将这些离散的“无意义”的三维数据有规律地组合起来,组成具有一定意义,能表示物体的模型,我用特征点来表示模型的基元。

我们认为物体空间姿态是模型位置经过平移(三个自由度 $t_x, t_y, t_z$ )和旋转(三个自由度

$\alpha, \beta, \gamma$ 后的结果。这样,求物体姿态问题可被视为模型运动前后的转换关系,分析了 Faugeras<sup>[12]</sup> Bolles<sup>[13]</sup>, Chen<sup>[14]</sup>等人提出的各种方法,根据刚体的运动规律,我们归纳了几点知识规则,由规则来引导物体特征点与模型点的匹配过程。

对于一个物体空间姿态问题,系统流图可表示为图 1。

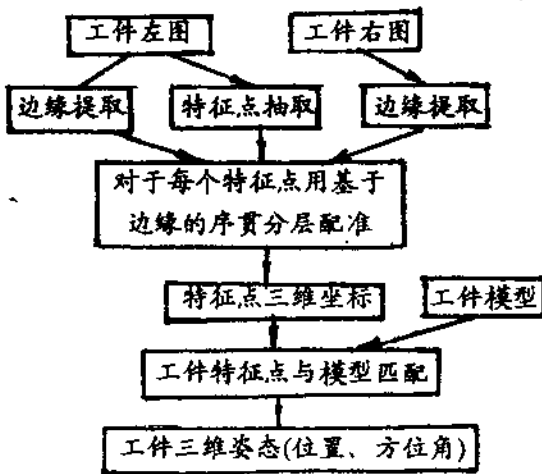


图 1 求物体空间姿态流图

系统,使系统具有“似专家系统”的特点<sup>[14-16]</sup>。下面介绍它的基本结构。

## 二、基于知识和规则的系统结构

系统由一组处理模块和两个存储器组成,如图 2。转入图象和中间结果存放在短期存储器(STM:short term memory)内。系统知识和控制方案放在长期存储器(LTM;long term memory)内。每一步处理,既可以从 LTM 中获得控制信息,又可以从 STM 中读得或修改数据。因此,STM 中的任何数据的变化都对应了一个处理过程。这样,我们可以把系统设置成数据来驱动。

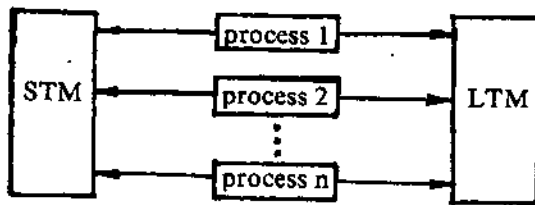


图 2 基于知识和规则的系统结构

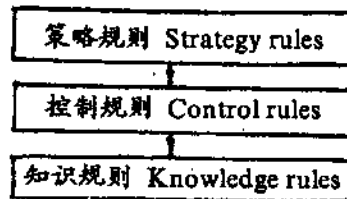


图 3 三级规则示意

存储在 LTM 中的规则模型可分成如图 3 的三级:指定策略规则,根据不同的目标(任务)选择一种控制一组控制规则。由控制规则来激活知识规则,它不改变 STM 中的数据。在我们这个系统中,主要目的是空间物体的定位和识别。根据这两个不同的目的,我们得到两种不同的策略规则。

SR(1): IF <目的是定位> THEN <只可激活低级处理及定位处理规则>

SR(2): IF <目的是识别> THEN <只可激活低级处理及识别处理规则>

知识规则由控制规则来激活,一旦执行了某规则,就会改变 STM 中的数据。



KR(1): IF <摄进左图> THEN <将左灰度图的数据放在 STM 第 0 数据块中>

KR(2): IF <摄进右图> THEN <将右灰度图的数据放在 STM 第 1 数据块中>

其它知识规则将在后面继续说明。

### 三、低级处理

#### 3.1. 特征点的抽取

KR(3): IF <对左灰度图求特征点> THEN <从 STM 第 0 数据块获得数据用 Moravec 改进法求特征点, 结果送至 STM 第二数据块中>

上面已讲过, 我们求的特征点指的是角点。Moravec 提出的“兴趣算子”法是: 对于  $n \times n$  的窗口, 计算四个方向(垂直, 水平, 对角线)上的变化量, 选择四个方向变化量的最小值点作为“兴趣点”但有时用这种方法求得的点是边缘点而不是角点。为此在原来基础上, 再增加  $22.5^\circ$ ,  $67.5^\circ$ ,  $112.5^\circ$ ,  $157.5^\circ$  方向上的变化量计算, 若这八个方向上变化量的最小值在于某阈值的点才认为它是角点。这样可以保证检测到的点是角点。运用检验知识(1)-(2)得出的规则, 可使计算量减少 10 倍。

经验知识(1):  $\min_{i=1,2,3,4} x_i > T_p$ , 必须  $x_i > T_p$ 。若有一个  $x_i < T_p$ , 则  $\min_{i=1,2,3,4} x_i < T_p$ 。由此可得规则 KR(4)。

KR(4): IF <用改造的 Moravec 方法求特征点> AND <计算到有一个方向的变化值小于阈值> THEN <将此点的兴趣值置为 0>

经验知识(2): 我们设置工件是放在均匀背景上, 很明显, 角点不可能出现在背景上。由此可得 KR(5)。

KR(5): IF <用改进的 Moravec 方法求特征点> AND <此点是背景点> THEN <将此点兴趣位置为 0>

#### 3.2. 特征点配准

双目体视体中一个关键的问题是图象配准。面通常基于区域的点相关的配准对几何形状, 亮度差异过分敏感, 相关函数特征较差。改进的方法是基于特征的配准方法, 面最常用的特征就是边缘。

边缘抽取是用一组算子在图象空间进行卷积, 输出值经过阈值比较而获得。我们用改进的 Frei-chen 方法<sup>[2]</sup>来减少计算量, 并用非均匀量化, 使灰度梯度有均匀分布的直方图, 即梯度均匀, 使梯度值较小的边缘也能明显地表现出来。采用预加重技术, 在提开小边缘的同时, 抑制了噪声的影响。

KR(6): IF <对左图提取二值边缘> THEN <从 STM 第 0 数据块中读得数据, 用 Frei-chen 改进方法求得二值边缘, 结果送至 STM 第三数据块中>

KR(7): IF <进行特征点配准> THEN <从 STM 第二数据块取得特征点坐标, 进行序贯分层配准, 对应点坐标放在 STM 第四数据块中>

在进行特征点配准时, 我们用 KR(8)-KR(11)来引导配准过程, 减少计算量。

经验知识(3): 在进行相关计算时, 一旦相关序列与原模板匹配出现较大差异时, 两者明显不可能匹配, 这时, 可立即停止以后无用的相关计算, 而不必等到最后输出一个的相关值来证明这一点。这就是序贯配准法。

KR(8): IF <进行序贯配准> THEN <对右图中每一个点, 当积累误差超过阈值 $T_0$ 时, 就停止计算, 并取消此配准点>

经验知识(4): 误差积累函数总是单调递增的, 利用这种知识改变原来的常数阈值, 而采用单调递增阈值 $T(n)$ , 可以减少一步分工作量。

KR(8a): IF <进行序贯配准> THEN <对右图中每个值索点即所对应的模板, 当计算到模板和窗口的误差积累值超过 $T(n)$ 时, 就停止计算, 并取消此配准点>

经验知识(5): 人在观察物体时, 一般先找到感兴趣的物体或物体的某部位的大致位置, 再对目标进行仔细观察, 将这种知识用于配准过程, 就是分层技术。

KR(9): IF <进行序贯分层配准> THEN <先在低分辨率层上用序贯法找适配点, 并在对应的较高分辨率层位置上进行搜索>

经验知识(6): 从特征点选取过程看, 特征点就是角点, 而角点又是在边缘上, 找配准点时, 只需对边缘点作相关计算。

KR(10): IF <进行序贯配准> THEN <只对边缘点作相关计算>

经验知识(7): 人眼在寻找左右图对应点时, 总是在于两眼连线平行的扫描线上搜索。这是由人眼的相对位置所决定。基于这种经验知识, 我们将两个摄像头位置设置成两光轴平行。从而得 KR(11)。

KR(11): IF <进行序贯配准> AND <两摄像头摄置光轴平行> THEN <只在同一扫描线上找左图中特征点的对应点>

KR(12): IF <计算三维坐标> THEN <从 STM 第 4 数据块中得到左, 右对应点的坐标, 计算距离, 结果放于 STM 第 5 数据块中>

#### 四、高级处理

仅有一堆三维数据是不能对物体作出任何有意义的解释的, 所以必需对数据进行整理, 对三维空间物体作解释主要是物体定位和识别, 究竟是先定位还是先识别可以由策略规则来决定。

##### 4.1. 三维物体的定位:

通过分析 Faugeras, Bolles, Chen 等方法, 针对求物体空间姿态这一问题, 根据刚体运动规律, 我们仔细归纳了几点经验知识, 并将经验知识改写成知识规则, 由控制规则来控制, 以完成物体定位的任务。

##### 4.1.1. 工件与模型匹配的经验知识及知识规则:

物体的空间姿态是模型位置经过平移(3个自由度)和旋转(3个自由度)的结果。如果能知道工件与模型之间的关系, 问题就解决了。为了较得工件与模型之间的转换关系 $T$ 必需将实际测到的工件特征点与模型点相匹配。根据工件特征点与模型点的匹配对应关系, 就可以工件与模型间的转换关系 $T$ 。

在工件特征点与模型点匹配时, 必需解决一个组合爆炸问题。设模型中有 $m$ 个角点, 而实际测到 $w$ 个工件特征点(设 $w \leq m$ ), 则工件特征点与模型点间有 $m(m-1)\cdots(m-w-1)$ 种可般的组合, 如果不压缩搜索空间, 其计算量是相当大的。我们用 KR(13)-(17)来解决组合爆炸和多义性问题。

经验知识(8): 刚体与各点间距离经过运动(平移, 旋转)后保持不变。可得:KR(13)。

KR(13): IF <进行工件特征点与模型匹配> AND <工件中有一对特征点与模型中一对特征点距离不等> THEN <取消这种组合>

经验知识(9): 刚体各点经过运动, 几何拓扑关系保持不变, 由此可得 KR(14).

KR(14): IF <进行工件特征点与模型匹配> AND <工件上有边界相连> AND <模型中无边界相连> THEN <取消这种组合>

经验知识(10): 刚体经过运动, 若知道运动前三个不共线点的坐标及运动后三个对应点的位置, 则转换关系 T 变可以确定, 由此可得 KR(15).

KR(15): IF <进行工件特征点与模型匹配> THEN <取三个不共线的工件特征点及对应的模型点来计算一种工件与模型的转换关系>

经验知识(11): 刚体经过运动, 运动前后的转换关系是唯一的.

KR(16): IF <进行工件特征点与模型匹配> THEN <工件与模型间只有一个转换关系 T 是正确的, 取消不正确的转换关系, 只保留一个 T>

经验知识(12): 刚体经过运动, 运动前后点的对应关系是唯一的.

KR(17): IF <进行工件特征点与模型匹配> AND <工件特征点  $W_1$  与模型点  $M_1$  相匹配> THEN <此工件点  $W_1$  不可能再与其它模型点匹配, 此模型点  $M_1$  不可能再与其它工件点相匹配, 取消与这不相符的组合>

根据规则 KR(13), KR(14), 我们可以得到每个工件特征点可能匹配的模型点集. 根据 KR(15)我们仅取三个不共线且具有最少可能匹配模型点的工件特征点及对应的模型点集来组成搜索空间, 从而大幅度地减少了可能匹配的组数. 解决了组合爆炸问题, 然而, 这样也存在多义性, 我们可以根据规则 KR(16)-KR(17)来消除这种多义性, 得到唯一正确 T.

#### 4.1.2. 转换关系 T 的计算

在 KR(15)中指出, 用三个不共线的工件特征点及其对应的模型点就可以求得工件与模型的转换关系 T. 由于计算, 测量的误差, 若用一般的广义矩阵逆法求 T, T 中的旋转步分 R 不易满足刚体运动的约束条件  $R^T \cdot R = I$  而用结构坐标系法就无上述问题. 先用三个不共线的工件特征点建立一个工件结构坐标系  ${}^c T_w$ , 再用与其对应的三个模型点建立一个模型点坐标系  ${}^c T_m$ , 根据  ${}^c T_m = T \cdot {}^c T_w$  求得  $T = {}^c T_m \cdot ({}^c T_w)^{-1}$ .

#### 4.2. 三维空间物体的识别:

经验知识(13): 若工件与某模型相匹配(是同一或同类物体)则此模型肯定比其它模型更相似于工件. 由此可知, 若工件与第 K 个模型相匹配, 则工件点距离与第 K 个模型点间的距离匹配的几率总比其它模型大. 因此我们只要计算每个工件与每个模型点间距离的平均匹配值, 而不需要精确地推导出每个工件特征点与模型点间的对应关系.

KR(18): IF <计算工件与每个模型的平均匹配值> THEN <从 STM 中的第 5 数据块中取得三维数据, 计算平均匹配值  $A_k$  结果送至 STM 第 6 数据块中>

KR(19): IF <判工件的类属> AND <已有工件与每个模型的平均匹配值> THEN <从 STM 的第 6 数据块中选择最大值  $A_k$ , 判工件与模型 K 同类>

## 五、实验结果

1) 测得三维坐标及误差见表 1.

表1 三维坐标计算值、实测值及误差 (单位: mm)

No.	实测值			计算值			误差		
	x	y	z	x	y	z	x	y	z
1	26.1	4.8	22.1	26.3	5	20.1	-0.2	-0.2	2.0
2	36.8	13.0	41.7	36.5	10.4	41.2	0.3	2.6	0.5
3	-8.8	12.2	59.6	-7.5	12.1	61.5	-1.3	0.1	-1.9
4	19.5	13.3	71.5	20.0	12.8	74.4	-0.5	0.5	-2.9
5	36.1	44.1	57.9	35.9	43.9	57.6	0.2	0.2	0.3
6	10.7	8.2	19.6	10.2	5.4	21.1	0.5	2.8	-1.5
7	-34.9	7.4	37.5	-33.8	7.1	41.3	-1.1	0.3	-3.9
8	-6.6	8.5	49.8	-6.3	7.8	54.3	-0.3	0.7	-4.9
9	10.0	39.3	35.8	9.6	38.9	37.5	0.4	0.4	-1.7
10	-45.6	-0.8	17.9	-44.0	1.7	20.3	-1.6	-2.5	-2.4
11	-17.3	0.3	29.8	-16.5	2.4	33.2	-0.8	-2.1	-3.4
12	-0.7	31.1	16.2	-0.6	33.5	16.4	-0.1	-2.4	-0.2
13	22.3	1.1	11.9	27.5	0.7	12.9	0.8	0.4	-1.0
14	44.9	31.9	-1.7	43.4	31.8	-3.8	1.5	0.1	2.2
15	16.6	30.8	-13.6	15.9	31.1	-16.8	0.7	-0.3	3.2

x 方向绝对误差的平均值为 0.687; 均方差为 0.563; 最大误差为 1.6mm

y 方向绝对误差的平均值为 1.04; 均方差为 1.137; 最大误差为 2.8mm.

z 方向绝对误差的平均值为 2.116; 均方差为 1.611 最大误差为 4.9mm.

三维坐标测量精确度与下列因素有关: a.特征点抽取算法. 从实验结果看, 特征点(角点)的位置误差小于一个象素. b.系统较准精度. c.特征点配准精度.

2) 工件特征点与模型匹配:

3) 执行时间

对于 256×256 大小 256 个灰度级的图象, 从摄入图象到计算出转换关系 T, 每一步所需要的时间:

①求灰度边缘:7.4 秒 / 每幅图; ②灰度边缘二值化:2.4 秒 / 每幅图; ③求得三维特征点:12 秒 / 每幅图; ④特征点披配与三维坐标获取:2 秒 / 每个点; ⑤模型与工件匹配:7 秒.

由于系统工作过程中插入许多显示过程, 主要用于直观检查运行结果, 所以实际执行时间要比上述时间短.

①-④步用汇编语言实现, ⑤步用 PASCAL 语言实现. ①-④是低级处理, 处理时间较长. 我们可以将这个系统移植到 AT 机或更高级的机器上, 以缩短处理时间. 若再将①-④步硬件化, 或采用流水线, 并行处理等技术, 完全有可能使系统总响应时间缩短到一秒之内, 达到实时的要求. (目前, 是在 PC-XT 机上实现.)

## 六、结 论

本文设计了一个基于知识的三维视觉系统, 着重讨论了空间物体定位问题. 以缩短处理时间为目的, 归纳了一系列经验知识及对应的规则. 实验结果表明, 这些规则是有效的, 系统运行状态良好. 目前正在与 PUMA560 机器人联调.

## 七、参考文献 (略)

# 利用单个透视投影识别空间多边形

郭 雷

西安电子科技大学信息工程系

## 摘 要

本文提出一种利用单个透视投影识别空间多边形的方法。空间多边形的识别依据于在透视投影下的基本不变量, 交比。提出了使用交比描绘子来描述多边形的形状。该描绘子的基本特点是具有在透视投影下观点不变性质, 因此这种方法可直接应用到机器人视觉技术中。

## 一 引 言

我们生活在丰富多彩的三维世界中, 但我们眼睛所看到的只是这个世界的二维投影。人类能够轻而易举地利用二维投影来识别出空间中的三维物体。但是对一个计算机视觉系统来说, 利用投影图象描述、推理和识别三维结构是一个相当困难的问题。投影导致三维信息的丢失, 使得从二维图象推断三维信息带有相当大的模糊性。当观察物体的观点改变时, 该物体的投影一般也要相应的改变。而即使是两个不同形状的三维物体, 它们也可能有相同的二维投影图象。因此我们不能简单地根据投影的不同来推断三维结构的不同。我们的问题是要寻找观点不变量, 也就是寻找不随观点改变而变化的描述。这种观点不变量是识别三维结构的基本依据。

已有大量的文献报道利用二维投影图象来识别三维形状。但是在透视投影下, 观点不变量的选择问题并没有很好地解决。有许多方法是依据于平行投影假设 [1-6]。实际上, 无论是人眼还是摄像机镜头, 透视投影(即中心投影)才是正确的投影方式。而平行投影(即正交投影)只是前者的近似。因为平行投影是线性变换而透视投影是非线性变换, 在数学分析上前者要容易 [7, 11]。例如lowe利用直线的平行性和共线性来识别三维物体 [8], 但平行性只是在平行投影下的不变性质; Bamieh和Figueiredo使用矩不变量来识别多面体中的每个多边形 [3], 但没有任何证据证明矩是三维观点不变量, 这样的识别方法没有可靠的理论依据; Gu, Yang和Huang给出了一种在透视投影下的定性识别方法 [9], 但该方法对于三维结构的微小差别是不敏感的, 不能用于识别多边形。

本文使用了透视投影下的理想不变量交比, 提出了利用交比描述多边形形状的描述子。该描述子具有在透视投影下的观点不变性质。依据于交比描绘子, 空间多边形平面能够从任一观点加以识别。该方法是一种定量识别方法, 能够反应多边形形状的细微的差别。该识别方法能够用于识别任何包含多边形平面的三维物体, 例如多面体和一些工业部等。

## 二 基本原理

本文的特点在于使用了透视投影下的基本不变量：交比(cross-Ratio)。交比是射影几何学中的一个基本概念[1]。为了说明交比是有用的，我们来观察图1。

在图1中，L是一条直线，A，B，C和D是L上的四个点。我们用 $\overline{AB}$ 表示从A到B的线段，用 $\overline{AB}$ 表示该线段的长度，即从A到B的距离。

O是四条射线OA，OB，OC和OD的焦点，O'是四条射线O'A'，O'B'，O'C'和O'D'的焦点。O点和O'点相当于是四点A，B，C和D的两个不同的透视投影的焦点，也就是观察直线上四点A，B，C和D的两个不同的观点。象图中画的一样， $\theta_1$ 是OA和OB的夹角， $\theta_2$ 是OB和OC的夹角， $\theta_3$ 是OC和OD的夹角。

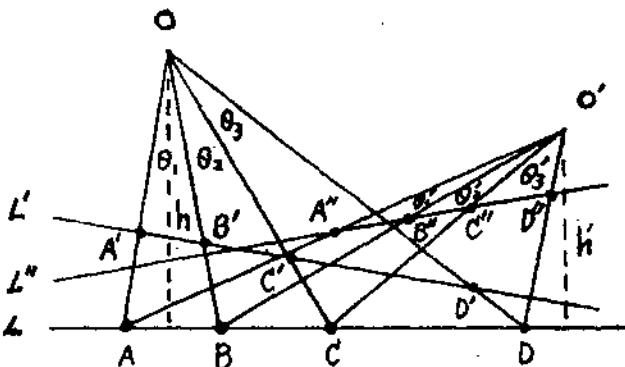


图1 直线的射影几何

我们的目的是寻找描述L上四点结构的一个量，要求该量与观点无关。这个量就是交比。我们用 $R_L(A, B, C, D)$ 表示直线L上A，B，C和D四点交比，它定义为[1]：

$$R_L(A, B, C, D) = \frac{\overline{AC} \cdot \overline{BD}}{\overline{BC} \cdot \overline{AD}} \quad (1)$$

用 $R_o(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 表示焦点O对应的四射线OA，OB，OC和OD的交比，它定义为：

$$R_o(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = \frac{\sin(\theta_1 + \theta_2) \sin(\theta_2 + \theta_3)}{\sin(\theta_3) \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3)} \quad (2)$$

我们能够证明(见[1], PP. 111EG. (6))，

$$R_L(A, B, C, D) = R_o(\theta_1, \theta_2, \theta_3) \quad (3)$$

同理可证如下几式，

$$R_L(A, B, C, D) = R_{o'}(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3) \quad (4)$$

$$R_o(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = R_{o'}(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3) \quad (5)$$

其中：

$$R_{o'}(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3) = \frac{\sin(\theta'_1 + \theta'_2) \sin(\theta'_2 + \theta'_3)}{\sin(\theta'_3) \sin(\theta'_1 + \theta'_2 + \theta'_3)}$$

(5)式表明交比 $R_o$ 与观点无关。另一方面，对于直线L'上的四点A'，B'，C'和D'，同样可得，

$$R_o(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = R_{L'}(A', B', C', D') \quad (6)$$

其中：

$$R_{L'}(A', B', C', D') = \frac{\overline{A'E'} \cdot \overline{B'D'}}{\overline{B'C'} \cdot \overline{A'D'}}$$

由(3)式和(6)式，

$$R_L(A, B, C, D) = R_{L'}(A', B', C', D') \quad (7)$$

类似地对于直线 $L''$ 上的四点 $A''$ ,  $B''$ ,  $C''$ ,  $D''$ , 有:

$$R_L(A, B, C, D) = R_{L''}(A'', B'', C'', D'')$$

因此,

$$R_L(A, B, C, D) = R_{L'}(A', B', C', D') = R_{L''}(A'', B'', C'', D'') \quad (8)$$

其中,

$$R_{L''}(A'', B'', C'', D'') = \frac{\overline{A''C''} \cdot \overline{B''D''}}{\overline{B''C''} \cdot \overline{A''D''}}$$

现在我们要说明以上几个式子的意义。图1中直线 $L$ 我们看作三维空间中的一条直线,  $L'$ 和 $L''$ 看作 $L$ 的两个不同观点的投影。从(8)式可见, 空间直线上四点的交比可以从该四点在投影图象上的交比来计算, 且与投影的观点无关。因此交比作为理想的观点不变量为我们提供了识别三维结构的手段。

需要指出的是虽然图1中的两个观点 $O$ 和 $O'$ 似乎是在同一平面上(纸平面), 但事实上它们完全可处在不同的平面上而不影响前面的分析结果。只要 $O, L'$ 和 $L$ 共面;  $O, L''$ 和 $L$ 共面即可。这样交比是描述空间直线上共线四点的三维观点不变量。

### 三 多边形形状描绘子

在这一节我们要讨论怎样使用交比从单个透视投影观点来描述空间多边形的形状。在图2中,  $ABCDEF$ 是一个空间多边形。它在平面 $P$ 上的透视投影是 $A'B'C'D'E'F'$ , 投影交点在 $O$ 点。为清楚起见, 将空间多边形和投影多边形分别画在图3和图4。

在多边形的顶点 $A$ 在逆时针方向沿多边形依次与顶点 $B, C, D$ 和 $E$ 做连线 $AB, AC, AD$ 和 $AE$ 。这四条连线在投影多边形上的投影为 $A'B', A'C', A'D'$ 和 $A'E'$ 。在顶点 $A$ 和它的投影顶点 $A'$ 分别形成一组射线, 夹角为 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$ 和 $\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3$ , (见图3和图4)。令 $R_A(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 是顶点 $A$ 对应于四射线 $AB, AE, AC$ 和 $AD$ 的交比; 令 $R_{A'}(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3)$ 是 $A$ 的投影 $A'$ 对应于四射线 $A'B', A'E', A'C'$ 和 $A'D'$ 的交比, 我们要证明 $R_A = R_{A'}$ 。

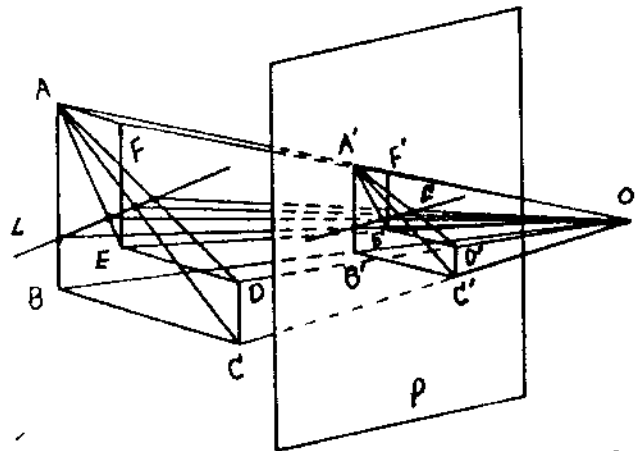


图2 多边形的投影几何

在空间多边形平面上作一条辅助线 $L$ ,  $L$ 与 $A$ 点的四射线 $AB, AE, AC$ 和 $AD$ , 相当于 $P_1, P_2, P_3$ 和 $P_4$ 四点。  $L$ 在投影平面上的投影为 $L'$ ,  $L'$ 与 $A'$ 点的四射线 $A'B', A'E', A'C'$ 和 $A'D'$ 相交于 $P'_1, P'_2, P'_3$ 和 $P'_4$ 。  $P'_1, P'_2, P'_3$ 和 $P'_4$ 恰好是 $P_1, P_2, P_3$ 和 $P_4$ 的投影(见图2-4)。从图2不难看出 $P_1P'_1O, P_2P'_2O$ 和 $P_3P'_3O$ 是 $O$ 的四射线。因此由(8)式,  $R_L(P_1, P_2, P_3, P_4) = R_{L'}(P'_1, P'_2, P'_3, P'_4)$ 。另一方面,  $AP_1, AP_2, AP_3$ 和 $AP_4$ 边是 $A$ 点的四射线,  $O$ 点和 $A$ 点

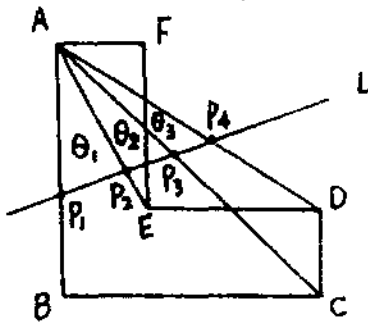


图3 空间多边形

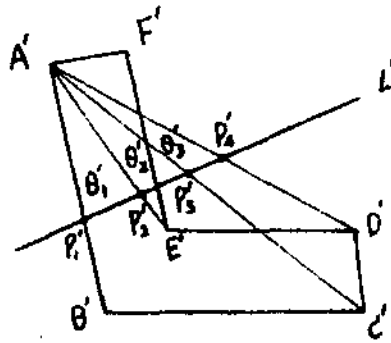


图4 投影多边形

是观察L上四点 $P_1, P_2, P_3$ 和 $P_4$ 的两个观点。因此由(3)式:  $R_i(P_1, P_2, P_3, P_4) = R_i(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ 。同样从投影多边形也能得到  $R_i(P'_1, P'_2, P'_3, P'_4) = R_i(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3)$ ，因此:

$$R_i(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = R_i(\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3) \quad (9)$$

(9)式的意义在于空间多边形顶点的交比能够从它的透视投影多边形中精确地得到，且与投影的观点无关。这表明 $R_i$ 是一个理想的观点不变量。并且 $R_i$ 描述了空间多边形A点的形状。

按照同样的步骤，我们能够计算多边形上其它顶点的交比，从而得到一个交比序列:

$$R = (R_1, R_2, R_3, \dots, R_N) \quad (10)$$

这里 $R_i$ 是第 $i$ 个顶点的交比， $N$ 是多边形的顶点数， $N$ 应大于四。 $R$ 就是空间多边形的形状描绘子，用来识别多边形。另外，Gu等使用多边形的凸凹性来描述多边形。因为多边形的凸凹性是一个观点不变量。我们将多边形的凸凹性也加进 $R$ 描绘子中。从前而交比的定义可看出 $R_i > 0$ ，即非负的。为了使 $R$ 描绘子反映凸凹性，我们作如下修改，当顶点 $i$ 是一个凸顶点时， $R_i$ 的值不变。当 $i$ 是凹顶点时， $R_i$ 加一个负号，绝对值不变。这样在交比描绘子 $R$ 中的符号反映了多边形顶点的凸凹性。

#### 四 识别结果

在图5中是几个多边形。每个多边形有六个顶点、它们的交比描绘子分别为:

(a): (1.333, 1.333, 2.000, 1.125, -2.222, 1.333)

(b): (2.000, 1.500, 2.000, 1.500, -2.000, 2.000)

(c): (1.750, 1.214, 1.666, 1.176, -3.500, 1.700)

(d): (3.000, 3.000, 1.125, 1.333, -4.000, 1.125)

在图6中，(a)和(b)是同一多面体在两个不同观点的投影。(c)和(d)是从(a)和(b)上分割出的两个多边形，它们对应于该多面体上的同一平面多边形。这个多边形是具有图5(b)的形状。因此图6中(c)和(d)表示一个空间多边形在两个不同观点下的投影。图6中(c)和(d)的交比描绘子 $R$ 为:

(c): (2.011, 1.456, 2.056, 1.560, -2.036, 1.985)

(d): (2.011, 1.447, 2.059, 1.561, -2.080, 2.007)

为了识别，我们采用两描绘子的距离 $D$



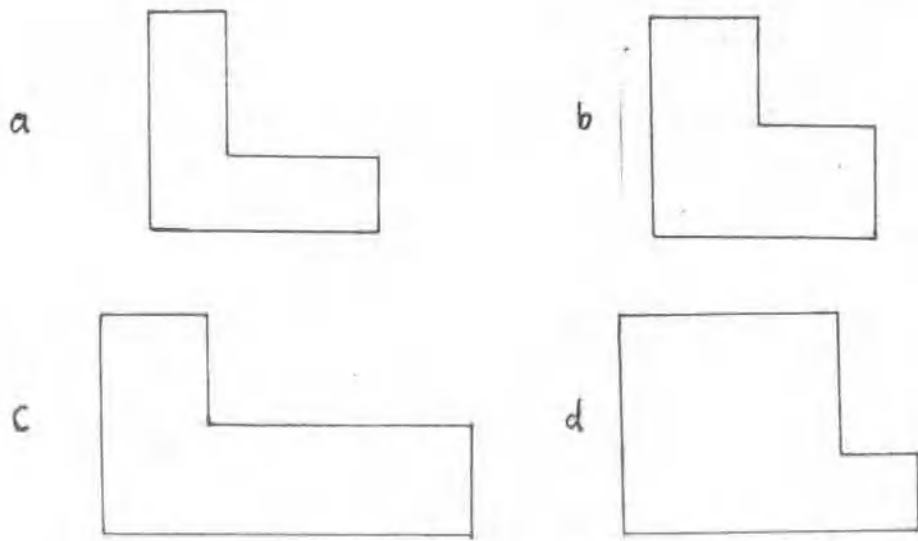


图5 实验图形

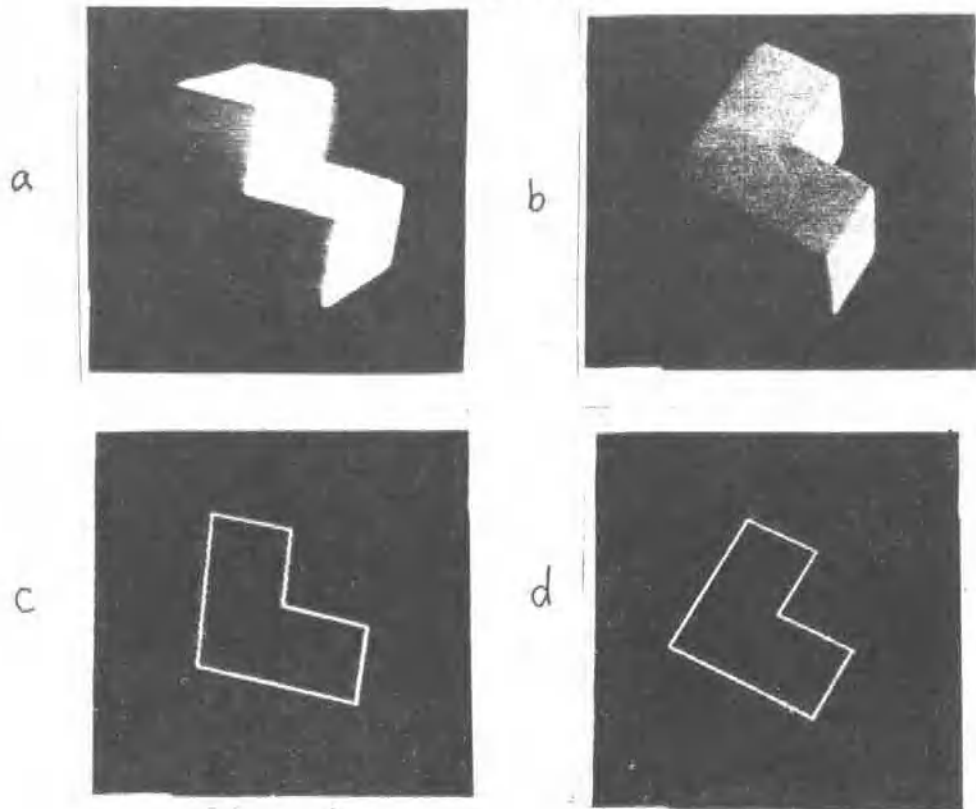


图6 实验图形

$$D(P_1, P_2) = \sum_{K=1}^N (R_K^1 - R_K^2)^2$$

来测量两个多边形的匹配程度。上式中 $P_1$ 和 $P_2$ 为两个多边形， $R_K^1$ 和 $R_K^2$ 分别对应于 $P_1$ 和 $P_2$ 的