

学校编码: 10384  
学号: 200228013

分类号 \_\_\_\_\_ 密级 \_\_\_\_\_  
UDC \_\_\_\_\_

厦 门 大 学  
硕 士 学 位 论 文

侧视图像中建筑目标识别方法与系统设计  
Research on Building Recognition in Side View Images and  
the design of recognition system

李胜睿

指导教师: 李翠华 教授

专业名称: 计算机应用技术

论文提交日期: 2005 年 5 月 20 日

论文答辩日期: 2005 年 5 月 20 日

学位授予日期: 2005 年 月 日

答辩委员会主席:

评 阅 人:

厦门大学博硕士学位论文摘要库

---

## 摘要

本文主要研究在侧视可见光建筑目标图像中，位于中远距离的显著建筑目标的搜索、匹配与识别方法，以及建筑目标识别的系统的设计与实现方案。在对大量侧视建筑图像的研究和分析的基础上，本文提出一条行之有效的技术路线——首先根据建筑目标建立融合形状信息和颜色信息的特征模板，然后采用基于 Halcon 的多分辨率匹配方法利用形状模板的信息搜索可能的建筑目标区域，最后利用颜色模板识别建筑目标。

对建筑目标特征模板的建立一方面采用基于 Harr 小波的提升模式的边缘提取方法提取建筑物轮廓，然后利用区域收缩技术得到其外轮廓图，最后建立基于外轮廓图的旋转变换图像金字塔，并以此作为形状模板；另一方面对模板图像的 RGB 和 HSV 空间建立可以表征建筑物颜色空间分布的分块颜色直方图作为颜色模板。对建筑目标的匹配，首先使用一种基于竖直线段空间位置关系模式的建筑区域分割方法，分割出潜在的建筑区域，然后用边缘提取技术获取分割出区域的边缘图，最后采取基于 Halcon 的多分辨率匹配方法，根据建立的形状模板搜索形状相似的边缘区域。对建筑目标的识别，建立每一个相似的区域的颜色模板，然后采用 Bhattacharyya 距离计算颜色模板的相似度，相似度最大的区域为最后检测的建筑目标。在建筑目标的匹配和识别过程中，本文还引入了仿视觉跳出机制的识别策略，有效地提高了识别的效率。

实验表明，本文的建筑识别系统可以很好的支持不同光照、不同天气的情况下目标具有平移和缩放的情况。针对目标受到自然景物干扰、近目标干扰、背景建筑群干扰甚至部分遮挡的情况，系统也能准确的识别出目标建筑。而对外轮廓规则的建筑目标，系统还可以支持拍摄角度的较大范围变化的情况。

**关键词：**建筑目标识别，分块颜色直方图，形状匹配

## Abstract

This paper focuses on building searching, matching and recognition with distinct building target at a distance of one mile in side images, as well as designing a building recognition software. After substantial observation and analysis, we propose a practical approach to fulfill this task -- First, set up a composite template including shape and color information of selected building. Second, use halcon's multi-resolution matching technology to search and match building base on shape information. At last, identify the target building using color information.

The creation of composite template includes two portions. On one hand Harr-wavelet lifting scheme is used to extract the edges of selected building while region-shrinking technology is used to get its outer edges. Finally we build the shape template -- the outer edge's image pyramid with desired rotations. On the other hand, divisional color histogram, which is capable of representing the color distribution of buildings, is created as color template in both GRB and HSV color space.

The process of building matching consists of three steps. First, extract the possible building areas, which is based on straight edge grouping technique. Second, extract the edges of those areas by means of sobel filter. Third, use halcon's multi-resolution matching technology as well as the shape information stored in the composite template to find similar shape regions. Finally, we create color template for each shape regions and compute its similarity between color template in composite template using Bhattacharyya distance. The most similar region will be considered as our building target. Moreover we adapt a recognition strategy imitating the pop-up mechanism of human vision system and effectively increase the recognition efficiency.

---

As the results show that our building recognition software have a good support on translation and zoom under different illumination and weather conditions. What's more, our system can recognize the target under various disturbances ,such as natural environment background, nearby building, dense building background and even partial occlusion. And if the disired building has a regular outer shape, our system can also support a large range of camera angle changes.

**Key words: Building Recognition, Divisional Color Histogram, Shape Matching**

## 目录

第 1 章 研究内容和研究难点 .....	1
1.1 背景.....	1
1.2 国内外相关领域的研究概述.....	2
1.2.1 国外的研究现状.....	2
1.2.2 国内的研究现状.....	3
1.3 本文的研究概述.....	4
1.4 本文的研究难点.....	5
1.4.1 建筑物目标分类和表示.....	5
1.4.2 可见光图像的成像限制.....	6
1.4.3 拍摄角度和拍摄尺度的影响.....	8
1.4.4 建筑群干扰.....	9
1.4.5 建筑物边缘提取.....	9
1.4.6 建筑物分割.....	10
1.4.7 建筑物特征的提取.....	10
1.4.8 建筑物匹配.....	11
1.5 小结.....	11
第 2 章 目标特征提取及模板的建立 .....	13
2.1 颜色特征的提取.....	13
2.1.1 颜色直方图.....	13
2.1.2 颜色矩.....	14
2.1.3 颜色聚合向量.....	15
2.1.4 颜色相关图.....	16
2.1.5 分块颜色直方图.....	16
2.2 形状特征的提取.....	17
2.2.1 部分 Hausdorff 距离匹配的快速算法 .....	18
2.2.2 基于点集的形状特征.....	18
2.3 建筑目标模板的建立步骤.....	19
2.3.1 挑选合适的模板图，然后选定建筑目标.....	19
2.3.2 对选定的区域提取建筑物外轮廓.....	20
2.3.3 建立目标模板.....	21
第 3 章 建筑目标的分割和识别 .....	23
3.1 引言.....	23
3.2 图像中建筑物的竖直边缘提取.....	23
3.3 图像中建筑物分割.....	25

---

3.4 目标搜索和形状匹配.....	27
3.5 基于信息融合的建筑目标识别.....	27
3.5.1 形状信息的缺陷.....	27
3.5.2 颜色信息的融合.....	29
3.5.3 仿视觉跳出机制的识别策略.....	30
<b>第 4 章 识别结果和分析 .....</b>	<b>33</b>
4.1 引言.....	33
4.2 晴天的测试结果.....	33
4.2.1 规则建筑目标的识别.....	33
4.2.2 不规则建筑目标的识别.....	34
4.3 夜晚的测试结果.....	35
4.4 阴天的测试结果.....	37
4.4.1 不规则建筑目标的识别.....	37
4.4.2 外轮廓不明显建筑目标识别.....	38
<b>第 5 章 拼接技术及其在建筑目标识别中的应用 .....</b>	<b>41</b>
5.1 引言.....	41
5.2 拼接技术简介.....	41
5.3 本章的研究工作.....	43
5.3.1 基于梯度滤波的模板配准方法.....	43
5.3.2 实验结果和分析.....	45
<b>第 6 章 总结及后继工作 .....</b>	<b>49</b>
6.1 本文的主要工作.....	49
6.2 进一步的研究工作.....	50

厦门大学博硕士学位论文摘要库



# 第1章 研究内容和研究难点

## 1.1 背景

机器视觉[1]的研究是从 20 世纪 60 年代开始的。由于机器比人类更能适应于一些恶劣环境下的工作，再加上计算机高速运算、海量存储和无休止工作的能力，机器视觉广泛地运用在工农业生产、医疗、航空航天等各个领域，尤其在军事领域的运用十分活跃。建筑目标识别是机器视觉研究的重要组成部分，近 30 年一直是一个活跃的研究领域。

在城市规划中，建筑目标识别技术能提供城市规划所需的城市群分布的信息，为城区电子地图的建立提供必要的保证。同时该技术也可拓展用于城市的人口信息普查和移动导航服务。在数字地球等 GIS 系统的建库过程中，如何准确区分建筑区域是关键的技术之一，建筑目标识别技术扮演着举足轻重的角色。

在军事上，可以用于远程精确打击，并尽量避免伤及无辜。其中如何准确的摧毁具有特殊意义的建筑目标，如机场指挥塔，军事指挥大楼等，至关重要。但近年来的战争，都频频听到误炸、误伤的报道，这说明对建筑目标的检测识别还不够准确，该技术还有待提高。特别是在现代化的无人战争中，该技术将起到决定性的作用。

建筑目标的检测与识别涉及到计算机视觉、模式识别、视频与图像处理，人工智能甚至仿生工程等研究领域。建筑物的可见光成像受到天气，时间，分辨率，拍摄角度等因素的影响极大，同时仅根据二维图像的单一信息识别建筑目标难度较大，要实现准确定位和识别建筑目标需要融合多种信息，包括环境信息、地理坐标信息、深度信息等。实现实时的建筑目标识别对软硬件都有较高的要求。另外，如何确定一个识别系统描述建筑

目标的最小完备信息集，以及如何多角度准确、快速地搜索并识别建筑物目标，仍然是尚未完全解决的难题，有待学者和工程专家们进一步研究。

## 1.2 国内外相关领域的研究概述

现有的建筑物目标识别研究主要集中在正俯视航拍图像和卫星遥感图像中建筑物的提取、识别以及相应的三维建模领域。建筑物的特征表示和建筑目标提取仍是一个尚未完全解决的难题，很多系统是建立在半自动检测和少量人工干预的基础上，全自动检测的很少，其方法多利用 2D、3D 特征进行提取，也有借助颜色信息的，还有的使用 DEM 数据等。

本领域的研究方法上大致可分为基于边缘检测、区域分割以及立体模板三类。典型的研究内容有结合 DEM 数据[2]、知觉组合[3]、线条分析[4]、阴影和透视几何规则等辅助信息[5]检测二维建筑物，直接对建筑物或表面进行建模[6]，构建基于知识的系统[7]，通过影像测量并结合物体的几何知识构建出多面体对象模板[8]，结合已有的二维地图矢量数据利用航空激光扫描[9][10]或激光高度计数据[11][12]建模，融合三维深度传感器、多 CCD 相机和彩色高分辨率数码相机获取的数据实现建筑物建模[13]等。

### 1.2.1 国外的研究现状

国外对建筑物检测提取和识别领域的研究始于二十世纪八十年代，主要集中在航拍建筑物提取研究领域。最初采用区域生长与简单的图像几何模板结合的方法，后来的工作使用了阴影分析以及线-角分析来推导建筑物的结构，近年来利用基于数据的多模式分析来推导建筑物 2D 和 3D 模板的方法渐渐流行起来。国外的研究趋势已经由原来的单一图像提取[14,15]转向利用建筑物的多角度、多时段图像以及多传感器信息融合技术的提取[16,17,18,19,20,21,22]，并且更多地利用先验知识和考虑更加细化的建筑物特征来建立更复杂的模板。

国外领先的研究小组有美国卡耐基梅隆大学的数字地图研究室，南加州大学的计算机视觉研究室，马萨诸塞州大学的计算机视觉实验室，德国慕尼黑 University of the Federal Armed Force 的 Helmut Mayer 领导的小组等

都在航拍图像建筑物提取的研究领域做了大量的工作。

卡耐基梅隆大学的数字地图研究室相继完成了四个建筑物提取系统：**BUILD**[23]，**BUILD+SHAVE**[24]，**VHBUILD**[25]和 **PIVOT**[26][27]。最成熟的 **PIVOT** 在前 3 个系统的基础上，使用摄影测量方法进行特征提取，该系统使用了一种改进的消失点探测方法，来探测水平、垂直及倾斜的消失点，以这些信息来探测建筑物的结构，并且可以生成 3D 建筑模板。

南加州大学[28,29,30,31]引入了假设——房屋的形状都是一些长方体的组合（没有圆形和斜面等），但航拍的视角可以是倾斜的。通过线条检测的技术结合拍摄视角的几何变换和投影规则形成关于建筑物屋顶的假设，接下来就结合建筑物影子信息和侧面墙体信息对这些假设进行单独的验证筛选，淘汰不正确的假设。紧接着再利用建筑物在三维空间上的相互包含和重叠关系所应该遵守的几何规则来做进一步的分析和验证，得到最终的检测结果。近几年，他们进一步利用多幅不同角度的航空照片来提取那些具有较复杂屋顶和形状的房屋[32]以及融合多种信息进行处理，取得更好的效果。

马萨诸塞州大学的计算机视觉实验室和美国国防部等相关部门合作，对航拍图像中建筑物的识别和重建进行了深入的研究。其中 **ASCENDER2** 和 **RADIUS** 两个项目取得了很大的成功，也已投入实际应用。在 **RADIUS** 系统中，对于屋顶多边形的提取[33]，航拍图像中的低级特征被分组，除了这种自底向上的方法外，自顶向下的方法来验证特征以及特征之间的关系。该系统也采用图的方法，图中的环路对应可能的屋顶多边形。为了得到更精确细致的建筑物三维模板，该系统对航拍图像中的纹理进行了分析。早期的三维模板只是把建筑物当作简单的几何模板，这无法识别建筑物的功能。该系统对同一地区的多幅航拍图像应用复杂的纹理影射技术，进行纹理和微结构分析，来构造建筑物三维模板的纹理。从而为更准确的识别建筑物提供了保证。

### 1.2.2 国内的研究现状

国内对建筑物识别的工作开展得比较晚，西北工业大学赵荣椿和杨益军在[34]中讨论了一种在航空图像中自动检测建筑物目标的方法，他先对建

筑物目标进行了分割，并利用建筑物的形状特征和阴影信息进行了验证。厦门大学的汪哲慎[35]在建筑目标检测识别系统中采用的改进 HOUGH 算法以及线条分析和排伪策略可以在不同比例、不同视角、不同拍摄时间和条件、目标被部分遮挡以及出现马赛克现象的各种实验图像中较好的识别出预装载的建筑目标。

### 1.3 本文的研究概述

本文主要研究在侧视可见光建筑目标图像中，位于中远距离的显著建筑目标的搜索、匹配与识别方法，以及一个初步的建筑目标识别系统的设计与实现。本文开展的研究——对侧视建筑目标的搜索、匹配与识别的研究，属国内首创，因此摸着石头过河，难度极大。

如图 1.1，本文的研究目标就是如何在图像中搜索到指定的建筑目标(方框中的建筑)。在城市建筑群图像中，目标背景可能极为复杂，目标会因拍摄位置、拍摄天气变化较大，同时由于天气光照等原因引入强干扰，为了准确识别出建筑目标，我们需要在以下几个方面展开研究。首先需要研究如何尽可能完整地获取建筑物的轮廓以及一些重要的特征边缘，同时排除多数杂乱、细小的无用边缘，然后在边缘提取的基础上借助建筑物的特点分割出建筑物可能存在的区域。有效地定位和分割出图像中的建筑物对最终的识别起很关键的作用，将为进一步的识别工作打下良好的基础。其次，需要重点研究如何提取建筑物的特征，比如形状、颜色特征等，并建立合适的建筑物模板。最后，在对建筑目标的搜索与识别技术的研究中，需要解决诸多技术难题，比如如何利用现有的模板实现快速准确的搜索，如何寻找一种较为快速并且具有一定仿射不变性的匹配方法，如何在形状匹配的基础上适当的融合颜色等其它信息。



图 1.1 大雾天气下侧俯视国贸大厦建筑群

因此，本文针对侧向拍摄的建筑目标所具有的特点，需要重点研究以下几个方面的内容：

1. 建筑群的分割和建筑边缘提取方法
2. 建筑物特征模板的建立方法
3. 建筑目标的搜索与识别方法

具体的研究内容包括图像中建筑物边缘的提取、图像中感兴趣建筑区域的分割、建筑目标特征的提取与特征模板的建立，建筑目标的搜索与匹配技术，多信息融合的建筑目标识别技术。

## 1.4 本文的研究难点

### 1.4.1 建筑物目标分类和表示

人工建筑物既有雷同又花样繁多，缺乏共同的特征。目前尚无统一、通用的建筑物描述方法。在处理正俯视航拍图的时候，我们可以假定建筑物是规则的几何形体(矩形)，可以在根据 DEM 确定的建筑物区域中进行几何图形检测，检测平行线段，拐点，闭合矩形区等。然后根据建筑物为规

则几何体的假设提取出建筑目标。但是对于侧向拍摄的建筑群图上述假设不成立。本文研究的建筑物具有相对复杂的几何特征，并且不同建筑之间差异极大。例如图 1.2 图 1.24 中的嘉庚主楼，顶部呈梯形，具有较长的竖直墙体，建筑内部有密集的窗户，四个侧面极其类似。图 1.4 的国际银行大楼则具有流线型的外型，墙体不对称，不同侧面的轮廓差异较大，不是规则的几何造型。图 2.6 的国贸大厦虽然四个侧面极其类似，但是每个侧面内部的纹理清晰，而外轮廓极其不明显，同时建筑顶部也为不规则的梯台，轮廓同样内部清晰，外部不明显。

因此，如何设计合适的建筑模板，以适应处理侧视建筑目标的需要，是我们亟待解决的首要问题。



图 1.2 嘉庚主楼左侧面图



图 1.3 嘉庚主楼右侧面图



图 1.4 国际银行大楼正面

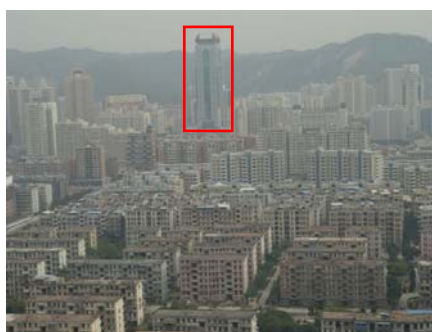


图 1.5 国贸大厦正面

### 1.4.2 可见光图像的成像限制

可见光成像受到光照和拍摄时刻的天气状况影响很大，即使在天气状

况良好的晴天，建筑目标也受光强的影响，早晨 8 点，中午 12 点和傍晚 17 点，同一栋建筑的由于光照的变化，表面颜色会有较大的差异。而夜晚的建筑目标，其建筑边缘完全是由照射到建筑表面的灯光决定的。如图 2.7 和图 2.8，因此光照会对建筑目标识别产生较大的影响。



图 1.6 白天的嘉庚主楼



图 1.7 夜晚的嘉庚主楼

另一方面，晴天大气中水蒸汽的含量较低，建筑外轮廓可以较清晰的区分出来，如图 2.9。但是在雾的天气状况下，天空和建筑物的颜色可能相当接近，建筑物的外轮廓会相当的模糊，如图 2.10。因此，天气状况光照也会对建筑目标识别产生较大的影响。



图 1.8 晴天国际银行大厦



图 1.9 大雾天气下的国际银行大厦



### 1.4.3 拍摄角度和拍摄尺度的影响



图 1.10 不同角度和不同仰角拍摄的国际银行大厦

造型不规则的建筑物，在不同角度和不同的仰角所呈现的面貌可能大相径庭。如图 1.11，国际银行大厦在不同的角度和不同的仰角具有不同的外轮廓特征。因此拍摄角度对建筑目标的建模和识别会有较大的影响。

同时建筑目标的尺度(分辨率)不同，图像所包含的建筑目标信息也会有较大的差异。总体来说，目标尺度较大，分辨率大的情况下，图像包含的建筑目标信息较多，反之，包含建筑目标的信息较小。如何用统一的模板来描述不同尺度下的建筑目标也是难点之一。如图 2.12，国贸大厦在不同尺度下，图像包含的信息差异极大。在小尺度的情况下，建筑目标的内部纹理信息丢失严重。

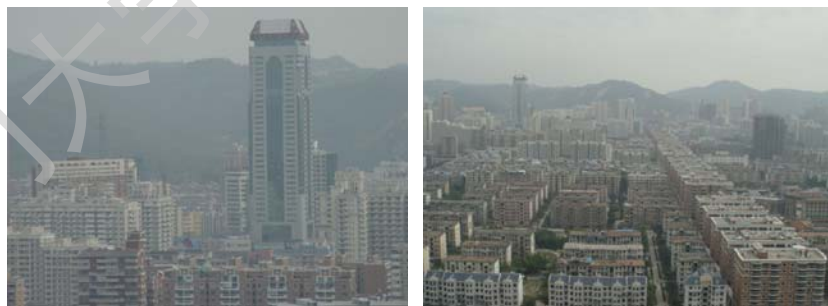


图 1.11 国际银行大尺度和小尺度的图像



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库