

结构摄影测量图形自动识别系统

陆新征 王海波 严吉洁 叶列平 江见鲸

(清华大学土木工程系, 北京, 100084)

摘要: 本文提出了一种可用于结构摄影测量的图形自动识别系统, 并设计了适用于该识别系统的目标标志点。该系统的识别过程可以分为两个阶段, 第一阶段使用比较粗略的识别算法, 遍历查找所有可能的是目标点的像素点。经过第一篇筛选, 可以排除摄影照片中 95% 以上的无用信息。在第二识别阶段, 首先对可能成为目标点的像素点进行分组, 按组使用精细的识别算法查找最终的目标点位置。实际应用证明, 该识别算法对位置的识别误差小于 1~2 个像素, 对位移的识别误差可以达到 1 个像素量级。

关键词: 摄影测量, 图形识别, 数码摄影, 结构测量

1 引言

传统的工程位移测量方式主要采用电子位移计和应变片, 一般在试件关键点和位置布置。这类测量方法需要比较繁杂的布片布线手续, 而且无法测量比较大的变形。为了克服传统测量方式带来的弊病, 清华大学土木工程系研究开发了使用数码摄影测量结构形变的方法^[1,2], 即利用使用数码拍摄装置对结构变形体作连续拍摄, 通过对照片中特殊标记点相对位移量的分析, 计算出实际测量点的位移, 取得了一定的成功。随着数码摄影技术的不断提高, 实验方法的逐步规范, 此种方法正越来越多的应用到变形测量领域。

目前摄影测量的目标点识别仍然主要以来于人工方法, 存在人工工作量大, 视觉误差影响测量精度等问题。为了提高摄影测量的自动化程度, 避免人为误差, 实现实用化、普及化、本文提出了一种用于结构摄影测量的计算机图形自动识别系统。

2 图形自动识别的基本理论

计算机视觉(人工视觉)的理论体系可以简单的分为三个层次^[3], 即图像处理, 图像识别和图像理解。而本系统只需要进行到图形识别这个层次。而对于图形识别来说, 大致有两种方法, 即统计的方法(以决策论为背景)和语言的方法(以语言结构为背景)。具体的识别步骤见图 1 所示:

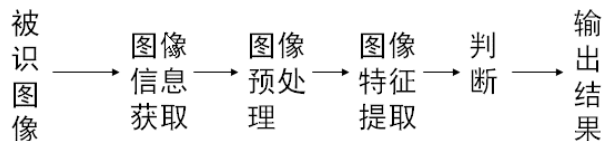


图 1 图形识别步骤

图形识别的依据, 主要有颜色、亮度、灰度、纹理、形状、边界、光谱、神经网络等。在本摄影测量系统中, 使用的是基于颜色双控指标和颜色边界的识别算法。

3 单点识别算法

通过大量对比分析, 本次识别使用的标志点形状如图 2 所示, 标志点由黑白两种颜色组成, 标志点的中心点就是图形识别的目标点。

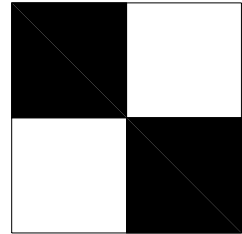


图 2、标志点形状

3.1 颜色双控指标

标识点只需两种颜色: 黑和白。在计算机中, 理想的黑色用三原色(红, 绿, 蓝)表示为(0, 0, 0), 理想的白色用三原色表示为(255, 255, 255)^[4]; 但是在数码照片中黑色和白色都并都是一定灰度颜色的, 黑色可能表示为(7, 20, 10), 白色也可能表示为(159, 162, 178)。

为解决这一问题, 作者提出了使用双控色彩指标进行颜色识别, 其基本含义就是用平均灰度和三原色误差分别作为控制指标。这里平均灰度的含义是平均灰度= $Average(Red+Green+Blue)$, 三原色误差= $Red (or Green or Blue)-平均灰度$ 。例如, 如果某象素点的颜色信息是 $RGB=(159,162,178)$, 则其平均灰度为 166.3, 三原色误差为 (-7.3, -4.3, +11.7)。

有了控制指标之后, 就可以在程序中进行黑色和白色的定义。首先, 定义平均灰度的识别参数: **White Tolerance** 和 **Black Tolerance**; 以及三原色误差的识别参数: **Error Band**。如果平均灰度低于 **Black Tolerance** 且三原色误差小于 **Error Band**, 则认为是黑色; 如果平均灰度高于 **White Tolerance** 且三原色误差小于 **Error Band** 则认为是白色。由于不同照片拍摄亮度不同, 因而 **White Tolerance** 和 **Black Tolerance** 也随数码照片亮度差异而不同。根据大量算例试验, 作者推荐使用以下步骤确定这些参数的取值:

- (1) 给定 **Error Band** 取值, 作者建议取为 30。该参数取值适用性较广, 在照片白平衡问题不是非常严重的情况下, 该参数一般都可以得到较好的结果。
- (2) 遍历所有象素点, 如果某个象素点的三原色误差小于 **Error Band**, 则认为该点为灰色点。
- (3) 记所有灰色点中平均灰度最小的值为 G_{min} , 则令 $Black\ Tolerance=G_{min}+K$, $White\ Tolerance=G_{min}+L$, 这里 K, L 为参数, 作者建议 $K=30, L=70$

只所以用 G_{min} 来确定 **Black Tolerance** 和 **White Tolerance**, 是因为数码照片中经常由于某些反光物写成高亮度点。其平均灰度往往远高于标志点中白色的平均灰度, 因而最高灰度 G_{max} 往往由于这些高亮度点的干扰而偏差很大。相反, 黑色区这种干扰就要少得多。因此, 本系统使用 G_{min} 来确定颜色参数取值。

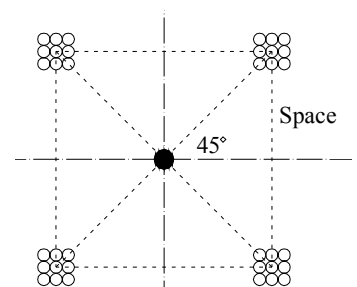


图 3、中心点及角点区

3.2 第一遍扫描算法(粗略识别算法)

首先使用以下算法对图象进行扫描, 寻找其中可能是的目标点的象素点。

- (1) 对图象中的每个点, 检查其周围一定象素距离 ($Space$) 的四个角点区的颜色, 每个角点区选取 9 个点, 如图 3 所示。 $Space$ 的大小和照相距离远近相关, 使用者应

根据当时相机和目标的大致距离选择适当的 $Space$ 取值。对于一般的实验室结构摄影测量, 在拍摄距离 $<10m$ 时, $Space$ 可取为 15。

- (2) 如果四个角点区中, 相邻角点区的颜色互不相同, 而对角角点区的颜色同为黑或同为白, 则该中心点可能就是我们的目标点。在本文中称之为“可能点”。

经过对图象的第一遍遍历搜索, 最终得到的可能点数量大约为 $0.3\sim 0.8N Space^2$ 个。这里 N 为最终目标点个数。相对与原图象 200~500 万像素的数据量, 无疑是大大的减少了第二遍精确识别的计算工作量。

3.3 颜色边界识别

在第二遍精细识别算法中, 需要知道颜色分界点的信息。由于数码相机分辨率限制和图形压缩算法的影响, 数码照片的黑色和白色之间存在灰度过渡区, 因此, 从黑色区出发和从白色区出发, 可能会找到两个分界点。如图 4 所示。为解决这一问题, 本系统中采用的方法为: 分别从白色点和黑色点出发, 找到各自的颜色分界点, 用两个分界点的中点作为真实的颜色分界点。

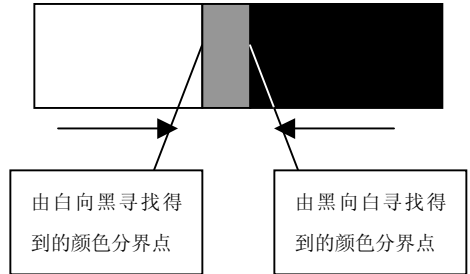


图 4、不同的分界点

3.4 第二遍识别算法 (精细识别算法)

对于所有的各个可能点, 从其距离为 $Space$ 的四个角点 (参见图 2) 出发, 沿水平和竖直方向逐点寻找颜色分界点。用上节的边界识别方法得到四个颜色分界点, 记作 $PE_j, j=1,4$ 。

- ⊕ 可能点
- 可能点的角点
- ▲ 颜色分界点

如图 5 所示。

在相对方向的颜色分界点间连线, 得到连线交点, 记为 PC 。记 PC 和可能点之间的距离为 D_i 。比较所有可能点的 D_i, D_i 最小的可能点就是目标点。

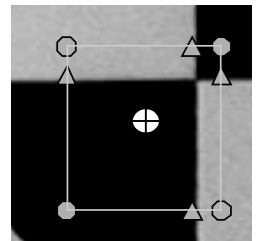


图 5 第二遍识别算法

4 多点识别算法

多点识别算法和单点识别算法基本相同, 只是在第一遍扫描结束后, 需要先对所有的可能点进行分组, 然后按组寻找目标点。为了保证精确识别算法的正确性并排除一些偶然点的干扰, 使用如下的排它算法对可能点进行分组:

- (1) 计算每个可能点周围一定范围 ($Space$) 内可能点的数量, 记为 N_i, i 为该可能点的编号
- (2) 首先选取 N 最大的可能点, 记为 P_1 , 将 P_1 周围 $2 \times Space$ 范围内所有的可能点的 N_i 清零
- (3) 寻找除 P_1 以外所有可能点中 N_i 的最大值, 记为 P_2 , 同样将 P_2 周围 $2 \times Space$ 范围

内所有可能点的 N_i 清零。

- (4) 重复步骤 (3) 直至找到 P_m , m 为目标点个数
- (5) 以 P_i 为中心, P_i 周围 $Space$ 范围内的所有的可能点记为一组, 未进入分组的可能点则视为干扰点过滤掉。这样就把第一遍扫描得到的可能点进行了分组。同时, 干扰点也自动被排除。提高了识别的正确率。

5 算例

使用上述识别算法, 分别对某试验加载设备和某框架试验模型进行了摄影测量识别, 识别照片如图 5, 图 6 所示, 识别结果如表 1, 表 2 所示。可见本识别算法具有很高的识别精度。完全可以满足实际结构摄影要求。

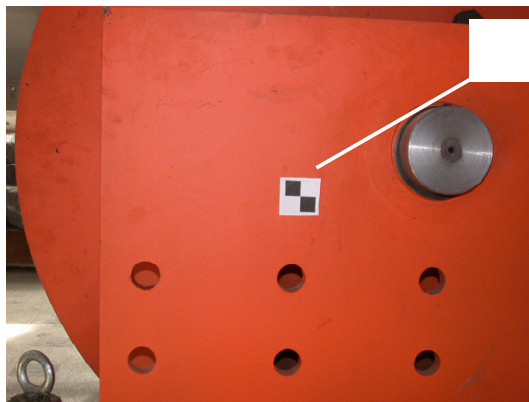


图 5 某加载仪器照片

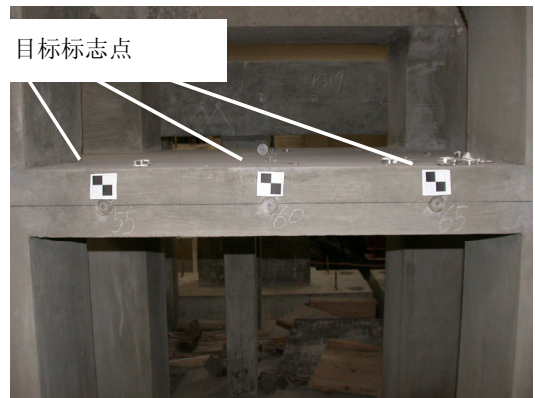


图 6 某框架试验照片

表 1 加载仪器图形识别精度

照片编号	精确坐标 (像素)		识别坐标 (像素)		位移误差 (像素)
	X	Y	X	Y	
1	630	591	631	591	*
2	891	571	892	573	0. 145
3	505	566	506	567	0. 192
4	729	920	729	921	0. 672

表 2 框架试验图形识别精度

照片编号	目标点 1				目标点 2				目标点 3			
	精确坐标 (像素)		识别坐标 (像素)		精确坐标 (像素)		识别坐标 (像素)		精确坐标 (像素)		识别坐标 (像素)	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	283	548	284	549	798	542	799	543	1302	536	1303	536
2	316	497	316	497	762	497	762	497	1247	496	1249	497
3	367	437	369	440	877	424	878	425	1262	414	1263	413

4	367	766	367	767	893	742	894	743	1359	714	1360	716
5	305	554	305	555	780	560	780	561	1292	565	1294	566

6 结论

本图形识别系统可以在像空间中精确找到预测量的目标点。基本不需要人工干涉。因此, 具有自动化程度高, 适应性好, 使用方便、高效的特点。如能配合以友好的前后处理界面, 则该系统有望在结构摄影测量中得到更广泛的应用。

参考文献

1. 林磊 叶列平, 程锦, 数字摄影技术在结构试验变形量测中的应用, 实验技术与管理, Vol. 20 (2) : 34~38, 2003-3-12
2. LIN Lei, YE Leiping, CHENG Jin, Application of Digital Photogrammetric Technique for Deformation Measuring in Structural Experiment, Proceeding of the 7th International Symposium on Structural Engineering for Young Experts, Beijing: Science Press, Vol.1: 263~267, 2002
3. 王耀南, 计算机图像处理与识别技术, 高等教育出版社, 2001
4. 潘云鹤主编, 计算机图形学——原理、方法及应用, 高等教育出版社, 2001

Automatic Pattern Recognition for the Photographic Surveying of Structure

LU Xinzheng, WANG Haibo, YAN Jijie, Ye Lieping, JIANG Jianjing
(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing, 100084)

Abstract: A simplified photographic survey arithmetic is developed by Tsinghua University and applied successfully in the displacement measurement of structural test. In order to improve the efficiency and precision of this survey method, an automatic pattern recognition program is developed. This recognition process can be divided into two stages. In the first stage, the program searched every pixel in the photo with coarse recognition arithmetic, to collect all the points which may be our target points. After the first search, the points left for the second stage, which will use a fine recognition arithmetic, will be reduced from about 2~5 million pixels in the digital photographic to about $500N$ probably points, where N is the number of the target points. Thus, a lot of computing time is saved. In the second recognition stage, first the probably points will be grouped. The group number is according to the number of targets points. Then the fine recognition arithmetic will analyze the probably points in every group to find the target points. Different mark patterns for the recognition arithmetic are also discussed. The application shows that this pattern recognition method can find the center of mark pattern correctly, whose errors are usually less than 2 pixels for position finding and 1 pixel for displacement finding.

Keywords: pattern recognition, photographic survey, graphic process