

# 矿山多源遥感图像像点位移测试系统设计

然见多杰, 宋元福, 马福贵

(青海省第五地质矿产勘查院, 西宁 810099)

**摘要:** 针对矿山地形的起伏变化影响对其进行分析研究的准确性, 提出矿上多源遥感图像像点位移测试系统的设计方法; 结合 GPS 定位原理, 选取遥感图像上某一时刻点作为测试点, 对拍摄得到的矿山图像和电子测试系统各触点之间的距离进行计算, 进而得到测试点具体坐标位置, 将其与测试点真实现场坐标相对比, 实现矿山多源遥感图像像点位移的测试; 通过实验证明, 所设计的测试系统可以高精度实现对遥感图像像点位移的测试, 有效减小了矿山地形变化带来的遥感图像研究误差。

**关键词:** 多源遥感图像; 测试技术

## Research on Key Technology of Mine Visualization Low Altitude Remote Sensing Image Mapping

Ranjian Duo jie, Song Yuanfu, Ma Fugui

(Fifth exploration institute of geology and mineral resources in qinghai province, Xining 810099, China)

**Abstract:** It is possible to improve the matching accuracy of the mine image and the actual situation, to enhance the detail of the mine surveying and mapping, and to reduce the problems such as the actual development and failure of the mine due to the low efficiency of the surveying and mapping. At present, it is impossible to meet the needs of modern development by using the theodolite to measure the angle and distance of the survey area. There is a real problem that can not reflect the real situation of the mine in real time, and it is not suitable for large scale mapping. In this paper, low-altitude remote sensing is used to visualize the mining images, and the key technologies are studied. Firstly, the key technologies such as remote sensing sensor, unmanned aerial vehicle and visualization of surveying and mapping are analyzed in the low-altitude remote sensing image mapping. Secondly, the above-mentioned theory is combined with the GPS positioning principle, and the coordinate point corresponding to a certain time the reference point, and then according to the spatial distance of the intersection method, calculate the location of the point to be measured, and obtain the mine coordinates. Finally, the distance between the mining image and the electronic mapping system is calculated by using the Euclidean distance calculation formula. The result is combined with the mine image feature vector, and the image path is calculated by the determination of the gesture point and the distance algorithm. And through the code to achieve the image path displayed in the image of the drawing interface, to achieve the mining of the image. Experiments show that the proposed method can improve the degree of visibility and mapping of mine surveying and mapping to reduce the time and time of mapping.

**Keywords:** visualization low-altitude remote sensing image; mapping technology

## 0 引言

矿山资源作为国家的重要战略资源, 如今, 其自主开发与利用已到达了保证国家安全的深度<sup>[1]</sup>。随着我国不断加大对矿产资源开发的力度, 先后对国家矿产资源的储量、开发规模以及开采年限等方面做了大量详细的调查, 并建立了矿山信息数据库<sup>[2-3]</sup>, 由于矿山地形随着时间的推移是在不断变化的, 将以前的测试资料转换至国家坐标系中, 矿山的位置存在很大偏差, 经常出现同矿不同图或者是同图不同矿现象, 造成矿产资源的存储量不清等问题<sup>[4]</sup>。

矿山测量是得到矿山地形数据最为重要的途径之一<sup>[5]</sup>, 由于当前的测试技术限制, 针对分布较为扩散、范围较大的矿区, 无法获取矿山的真实情况, 准确指导矿山后续の利用。根据遥感技术可以提供矿山建设需要的数字影像、数字线划图和数字影像, 完成数字化矿山建设。李玉立<sup>[6]</sup>等人通过理论分析与实测比较的形式, 介绍了北斗卫星的导航系统发展和定位原

理, 根据实测数据研究获得了北斗 RTK 的精度关系, 获取结论: 北斗 RTK 精度达到了一定的高质量定位, 但是稳定性较差<sup>[7]</sup>。郭志达<sup>[8]</sup>对矿山测试内涵和技术进行了简述。主要围绕着矿山资源勘探与开采、测量等工作, 该方法仅在理论方面进行了叙述, 没有引入实验, 难以满足现在的大比例尺测试图的需要。李瀛搏<sup>[9]</sup>等人提出双基高比线面阵相结合的新体制。将共线条件方程作为基础, 全面分析了面阵相机与线阵相机成像的机制, 加入了各类附加的观测值, 构架了双基高比的线面阵结合, 且基于仿真影像完成了实验, 实验表明, 该方法虽然过程复杂度较低, 但是图像测试精度较低。

## 1 矿山遥感图像像点位移测试原理

在矿山成像图像特征点的提取中, 在数字图像的特征点检索阶段, SIFT 算法<sup>[10]</sup>根据积分图像完成卷积操作, 也就是对每幅图像先做全图积分求和, 获得一个积分值, 根据快速过滤, 过滤出部分积分信息, 完成矿山图像的快速匹配, 提高测试速度。具体过程如下:

假设一幅矿山图像为  $f(x, y)$  中的一个点  $p(i, j)$ , 于尺度  $\sigma$  上, 这幅图像的黑塞矩阵  $H(x, \sigma)$  可定义为:

收稿日期: 2017-09-01; 修回日期: 2017-10-02。

作者简介: 然见多杰(1975-), 男, 青海西宁市人, 工程师, 主要从事工程测量方向的研究。

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{XX}(X, \sigma) & L_{XY}(X, \sigma) \\ L_{XY}(X, \sigma) & L_{YY}(X, \sigma) \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中,  $L_{XX}$  代表高斯模板  $G(\sigma) = (1/2\pi\sigma^2)e^{-(x^2+y^2)/\sigma^2}$  二阶导数和图像  $f(x, y)$  于点  $p(i, j)$  的卷积,  $L_{XY}$  与  $L_{XX}$  同理,  $X$  和  $Y$  代表矿山图像特征点的主方向响应值,  $x, y$  代表待测基点坐标值。当黑塞行列式局部值最大时, 则认为所求得的就是该矿山图的特征点, 检测矿山图像特征点的过程就获得了黑塞矩阵的轨迹。

在原矿山图像的基础上, 于每行中, 隔一个像素选取一个特征点, 且隔一行操作, 缩小与放大的原理相同。假设在图 1 中的点  $(x_0, y_0)$  历经旋转  $a$  角度演变为  $(x_1, y_1)$ 。

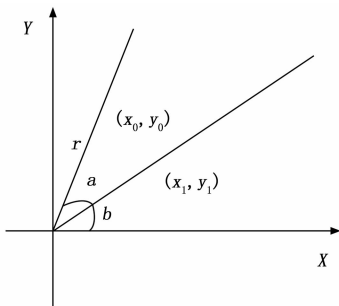


图 1 旋转示意图

旋转之前:

$$\begin{cases} x_0 = r\cos(b) \\ y_0 = r\sin(b) \end{cases} \quad (2)$$

经过旋转:

$$\begin{cases} x_1 = r\cos(b-a) = r\cos(b)\cos(a) + r\sin(b)\sin(a) \\ \sin(a) = x_0\cos(a) + y_0\sin(a) \\ y_1 = r\sin(b-a) = r\sin(b)\cos(a) - r\cos(b)\sin(a) \\ \sin(a) = x_0\sin(a) + y_0\cos(a) \end{cases} \quad (3)$$

矿山图像的旋转需要指明图像的旋转参考系, 究竟是以  $X$  轴, 还是  $Y$  轴, 究竟是某个角度, 还是某个物体, 正常情况下, 矿山图像的旋转, 以图像中心为原点, 实现若干角度的旋转。确定空间位置是根据得到的若干个矿山图像特征点对, 通过模型的变换参数实现参数的求解。在基于 SIFT 的矿山图像空间位置匹配中, 选取历经优化之后的 3 组匹配点对, 依据单应性矩阵完成参数的求解。

此时找到的特征点可能为散状, 无规律, 为了获得更加准确的匹配点, 实现测试, 黑塞矩阵中的各个对角之和就是全图积分之和, 根据双边滤波法, 参照高斯滤波器对矿山图像进行去噪和图像信息的收集。双边滤波把高斯滤波器中高斯权重系数, 直接和矿山图像卷积完成操作, 把过滤权重优化成高斯函数与图像信息, 其中优化权重系数及矿山图像信息的值, 将会再次做卷积操作。双边滤波法数学表达式为:

$$H_{BL}(I_x) = \frac{1}{W_X} \sum_{y \in S} G\sigma_d(|x-y|) G\sigma_r(I_x - I_y) I_y \quad (4)$$

式中,  $d$  代表欧式距离, 根据使用该函数进行滤波处理之后, 能够提取出精度比较高、稳定性比较强的矿山图像测试点。综上所述为遥感图像像点位移测试原理, 下面构建矿山多源遥感图像像点位移测试系统。

## 2 矿山多源遥感图像像点位移测试系统构建

所谓多源遥感图像像点位移测试, 指的就是根据智能仪器利用无人机在低空对矿山进行遥感定位点测试。其综合了无人机飞行技术、遥感技术、通讯技术以及 GPS 的定位技术等遥感应用技术。

利用低空遥感对矿山图像进行测试时, 涉及到了多个部分, 下面利用一个框图对其进行简要概括。

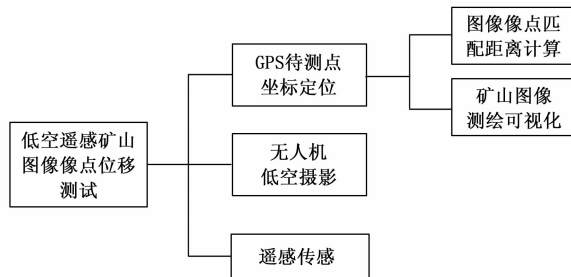


图 2 矿山多源遥感图像测试框图

图 2 中, 在遥感传感器方面, 其主要由: 高分辨率的 CCD 数码相机、多光谱成像设备、红外扫描设备、激光扫描设备、合成孔径雷达、磁测仪等。在无人驾驶的飞行器方面, 主要是根据无线电遥控, 或是根据机载计算机等完成程控。

综上将低空遥感应用在矿山数据采集, 采集过程中, 低空遥感可利用航向 80% 甚至 90% 重叠、旁向 60% 重叠, 航向和坐标系横轴几乎重合, 而旁向的投影中心连线和坐标系的纵轴几乎重合, 由此可为测试带来全自动的影响流水线似的资料。遥感数据的后续处理利用多核 64 位 CPU, “刀片” 计算机, 在 64 位操作系统, 与 64 位高级语言—C++, 串行计算结合实现并行化的平台设计, 进而实现测试结果的可视化。

以上述理论为基础, 结合 GPS 定位原理, 将某个时刻对应的坐标点, 当作计算待测点基准测量点, 再根据空间距离后方交会法, 计算待测点位置, 并获得矿山坐标值。在 GPS 定位时, 通常要用到定位卫星与矿山地面 GPS 接收器, 于是在理想条件下, 通过已接收信息与计算的既有信息, 利用下式对待测点的位置进行计算:

$$\sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} = d_1 \quad (5)$$

$$\sqrt{(x-x_2)^2 + (y-y_2)^2 + (z-z_2)^2} = d_2 \quad (6)$$

$$\sqrt{(x-x_3)^2 + (y-y_3)^2 + (z-z_3)^2} = d_3 \quad (7)$$

$$\sqrt{(x-x_4)^2 + (y-y_4)^2 + (z-z_4)^2} = d_4 \quad (8)$$

式中, 三个待测基点的三维坐标, 根据未知个数能得知, 获取三个卫星参数才能求解, 该参数会在 2.2 中予以计算。 $x_i, y_i, z_i$  代表卫星于某时刻直角坐标系,  $d_i$  代表卫星距离基点的位置, 根据 GPS 与无人机遥感技术的结合对待测矿山点的位置进行测量, 可实现测试结果与矿山实际情况高精度匹配。

在矿山多源遥感图像测试中, 将采集得到的矿山待测三维坐标, 与电子测试系统相匹配时, 需要将反映出采集到的, 矿山图像中的点和电子测试系统中点的真实距离进行计算。本文利用欧式距离对两个点的真实距离进行计算, 就如同对两个  $m$  维矿山图像向量,  $c(x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1m})$  和  $d(x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2m})$  之间的欧式距离进行计算:

$$d_{12} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{1k} - x_{2k})^2} \quad (9)$$

根据式 (11) 的欧式距离公式, 能够计算出拍摄得到的矿山图像和电子测试系统各触点之间的距离, 每个触点位处的坐标, 代表了这个点的特征向量, 所以想要获得整个矿山在电子测试系统中的图形, 需将距离算法和特征向量结合使用。通过特征向量, 将手势点确定与距离算法的运算, 能够对图像路径进行计算, 然后利用代码实现, 把图像路径展示在图像的绘制界面上, 实现图像的绘制功能, 提高测试的可视化程度, 在这里对代码的实现不予以讨论。

将求得的待测点的坐标和相关数据进行保存, 以便随时添加测试数据, 查看数据以及更新数据等, 在这里利用 SQLite 数据库, 将通过无人机低空遥感和 GPS 定位所得的矿山图像测试数据存储至 SQLite, 构建矿山多源遥感图像像点位测试系统, 实现图像像点位测试。

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 实验参数

实验平台搭建在 Visual-C 上, 实验测试区域总面积为 8.91 km<sup>2</sup>, 属于中低矿山。测区的地势为中低四高, 最高点海拔为 1 185.83 m, 最低点的海拔为 900 m, 最大的相对高差为 286 m, 植被覆盖较少, 测区的东西长为 3 836 m, 南北长为 2 363 m, 参照测区的地形条件、形状规划和成图的比例, 本次航飞的方向是南北向, 一共 8 条航线。航高是 1 224 m, 分辨率是 0.18 m, 根据 GPS 飞控管理系统定点曝光, 各条航线获取航片为 15 张。共设有 39 个平高点, 所得的像片各个控制点可公用。

#### 3.2 实验步骤

所有的实验数据均取自于图 3 的实际测量, 实验使用的无人机遥控器如图 4 所示。



图 3 矿山现场拍摄实景



图 4 无人机实物图

1) 测试结果与实际的匹配度是检验测试方法的重要指标, 将不同的测试方法, 在图 3 所示的测区进行测试, 观察不同方法测试结果与实际矿山状况的匹配度 (%), 实验结果如图 5 所示;

2) 测区图像获取时间代表着测试方法的效率, 以本文提供的实验参数为准, 将不同方法获取矿山图像的时间 (h) 进行对比, 实验结果如表 1 所示。

表 1 不同方法获取图像像点位的时间对比

方法	获取矿山图像耗时/s
文献[6]方法	50
文献[8]方法	45
文献[9]方法	47
本文方法	28

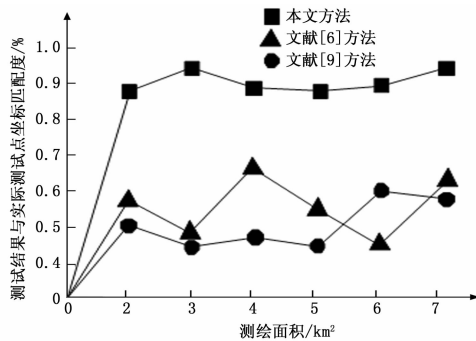


图 5 测试结果与实际矿山测试点坐标的匹配度

3) 根据跟踪测试, 将应用持续运转 24 个小时, 观察不同方法对矿山地理信息获取量 (个) 的多少进行对比, 实验结果如图 6 所示;

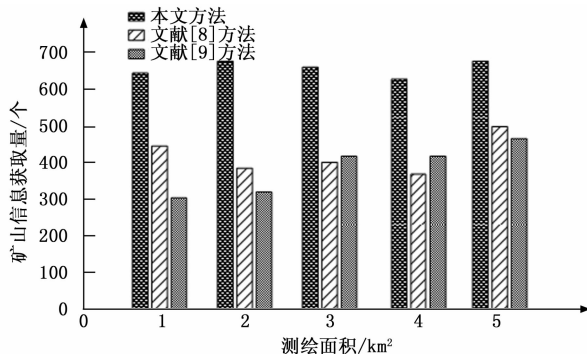


图 6 不同方法矿山信息获取量对比

4) 测试图像的分辨率是检验测试效果的重要指标, 图 7 为不同方法随着测试面积的逐渐增大, 测试分辨率 (ppi) 的变化。

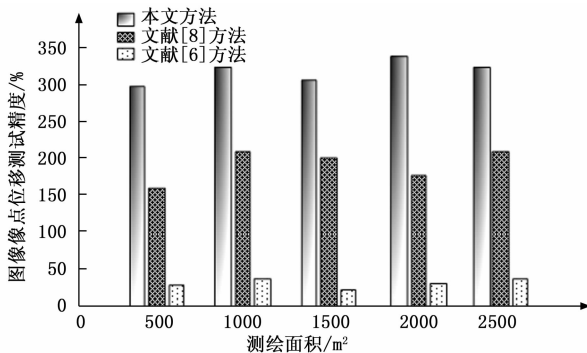


图 7 不同方法图像像点位测试精度对比

### 3.3 实验结果

分析上述实验结果可知, 通过与传统方法相比较, 本文方法测试结果与实际矿山状况的匹配度最高, 在同样的实验测试区域总面积 8.91 km<sup>2</sup> 下, 本文获取矿山图像的时间相比文献其他方法所用的时间较少, 且随着测试面积的增加, 在同样的测试面积下, 本文方法获取的矿山信息要比文献方法多, 本文所得的像点位精度最高。以上结果主要是因为, 在利用本文方法对矿山进行像点位测试时, 利用了低空遥感和相关技术,

(下转第 53 页)

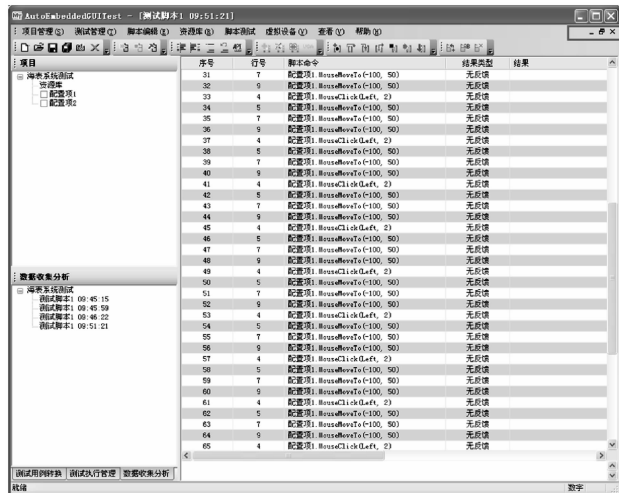


图 4 系统界面图

准图像和图像管理, 为测试脚本编写准备。

2) 测试脚本编写: 根据获取的基准图像以及测试用例要求, 完成测试用例到测试脚本转换。脚本中指令主要是对鼠标和键盘的操作, 包括鼠标移动、鼠标左键点击、鼠标右键点击、键盘输入字符、键盘输入组合按钮等指令。

3) 脚本执行与分析。运行测试脚本, 对测试结果察看。结果的判断主要在脚本中利用条件语句, 讲图像处理结果与预期结果比较, 输出是否执行成功。

由于测试指令是自己定义开发, 需要有相应的容错性。本系统采用如下措施, 提高了系统容错性。(1) 鼠标键盘模拟功能、视频采集功能失败以及注册组件模块功能失败后软件的其他功能正常不使用;(2) 在错误指令、错误参数、图像采集失败、误关闭情况下给出提示;(3) 测试脚本运行中键盘鼠标相关指令、图像获取指令以及信息识别指令时遇到故障时系统能够识别并给出提示信息。(4) 输入有效性检查: 对工程名称检查, 不允许名称重复; 对基准图像名称检查, 不允许名称重复; 对脚本指令和参数检查, 不能执行不支持的指令。

(上接第 48 页)

且低空遥感可利用航向 80% 甚至 90% 重叠、旁向 60% 重叠, 航向和坐标系横轴几乎重合, 提高了测试结果与实际矿山状况的匹配度, 减少了测试耗时, 并将求得的待测点坐标和相关数据进行保存, 以便随时添加像点位移测试数据, 查看数据以及更新数据, 增加了数据获取量。

### 4 结束语

在日后的研究工作中, 对于不同航摄目标所采用的措施需要做进一步地调整。需增大相机 CCD 的靶面, 进而增大立体像幅的覆盖, 提高图像像点位移测试精度。将需要改进的方面进行改进, 能够进一步提高矿山多源遥感图像测试的效率, 增强矿山相关问题的研究整体效果, 为该方面的研究发展提供支撑。

### 参考文献:

[1] 李少毅, 王晓田, 杨 开. 改进的 SURF 彩色遥感图像配准算法 [J]. 计算机测量与控制, 2017, 25 (1): 209-212.

[2] 廖梦怡, 刘建芳. 远程卫星遥感图像的三维视觉重建模型仿真

### 6 结束语

本文设计并实现了一种非侵入的 GUI 自动化测试系统。该测试系统有以下优点:

1) 该测试平台面向嵌入式, 采用人机交互设备模拟真实指令, 图像采集与信息识别模拟人的判别行为, 不会干扰被测系统的运行。

2) 该测试平台采用非侵入式自动测试机制, 测试平台软件不需要与被测软件运行在同一系统, 解决了通用 GUI 测试工具无法针对嵌入式 GUI 软件测试的困难。

3) 通用 GUI 工具常常调用 API, 只支持被测件单一的运行系统, 本测试平台应用不受被测件运行环境限制, 与被测件操作系统无关, 只要是支持鼠标和键盘的输入类型(触摸屏除外)即可。

4) 该测试平台采用 Python 脚本形式编辑用例。Python 语言嵌入平台软件中, 与平台软件有机结合, 融为一体。支持基于图像建模的脚本函数自动生成和文本编辑两种方式生产测试脚本。提高了脚本编写的效率。脚本编辑方式, 使脚本灵活多样, 能够实现复杂的测试用例。

5) 该测试平台利用调度脚本方式支持测试脚本的调度, 可以支持测试用例的周期执行、条件执行、顺序执行以及脚本模块化、脚本共享等复杂测试方式。

6) 该测试平台可以仿真外围交联环境, 集成通讯子系统, 包括网络通讯和串口通讯, 实现被测系统与外围设备的交互。

### 参考文献:

[1] Memon A M. GUI testing: pitfalls and process [J]. Computer, 2002, 35 (8): 87-88.

[2] 吴立金, 唐龙利, 韩新宇, 等. 嵌入式软件 GUI 自动化测试平台研究 [J]. 计算机测量与控制, 2015 (04): 1094-1097.

[3] 谭 苗. GUI 可用性评价与自动化测试框架研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2006.

[4] 游泽青, 面向 GUI 软件的自动化测试框架的研究与实现 [D]. 重庆: 西南大学, 2012.

[J]. 计算机仿真, 2015, 32 (7): 32-35.

[3] 高照忠, 魏海霞, 喻怀义. 遥感图像中微小红外目标的分类定位识别 [J]. 科技通报, 2015, 31 (12): 231-233.

[4] 伊丕源, 董 鹏, 张景发, 等. 机载激光雷达多脉冲探测模式在大高差地形测绘中的应用分析 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (8): 4-9.

[5] 张维宽, 安华育, 赵海霞. 基于 GIS 的数字地质测绘管理系统设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (21): 153-155.

[6] 李玉立, 程 钢. 北斗 RTK 测量系统在矿山测量中的应用探讨 [J]. 金属矿山, 2015, 44 (4): 191-194.

[7] 陈振涛, 张 过, 宁津生, 等. 资源三号测绘卫星自动云检测 [J]. 测绘学报, 2015, 44 (3): 292-300.

[8] 郭达志. 简论矿山测量内涵和技术的演进 [J]. 煤矿开采, 2016, 21 (2): 4-6.

[9] 李瀛博, 胡 斌, 胡海彦, 等. 双基高比线面阵结合立体测绘几何模型的构建 [J]. 航天返回与遥感, 2015, 36 (1): 32-42.

[10] 焦明连. 专业认证背景下测绘工程专业建设研究 [J]. 测绘科学, 2015, 40 (11): 182-186.