

Evaluation of Geometric Correction Accuracy of GF-1 Satellite Image and Its Application in Mine Geological Environment Survey

Yushu Cheng, Baocun Wang, Zaiqiang Liao

Institute of Surveying Mapping and Geoinformation of Henan Provincial Bureau of Geo-Exploration and Mineral Development, Zhengzhou Henan
Email: chengyushu@qq.com

Received: Jan. 2nd, 2017; accepted: Jan. 22nd, 2017; published: Jan. 25th, 2017

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this paper, the accuracy of multi-order rational polynomial geometric correction is evaluated through the preprocessed of the GF-1 images. We select the optimal calibration model, obtain the high accuracy digital orthophoto map, then interpret the mine geological environment features, to provide basic data for the investigation of mine geological environment.

Keywords

GF-1, Geometric Correction, Investigation of Mine Geological Environment, Remote Sensing Interpretation, Comprehensive Statistics

GF-1卫星影像几何校正精度评价及其在矿山地质环境调查中应用

程玉书, 汪宝存, 廖在强

河南省地质矿产勘查开发局测绘地理信息院, 河南 郑州
Email: chengyushu@qq.com

收稿日期：2017年1月2日；录用日期：2017年1月22日；发布日期：2017年1月25日

摘要

本论文通过对经过预处理的高分一号影像进行多阶次有理多项式几何校正结果进行精度评价，选择最优校正模型，获取高精度的数字正射影像图，然后进行矿山地质环境遥感解译，为矿山地质环境调查提供基础数据。

关键词

高分一号，几何校正，矿山地质环境调查，遥感解译，综合统计

1. 前言

“高分一号”于2013年4月26日在酒泉卫星发射中心由长征二号丁运载火箭成功发射，配置了2台2米分辨率全色/8米分辨率多光谱相机，4台16米分辨率多光谱宽幅相机。目前，已经在地理测绘、地质调查、海洋和气候气象观测、水利和林业资源监测、城市和交通精细化管理，疫情评估与公共卫生应急、地球系统科学研究等领域发挥了重要作用。

矿产资源开发引发的矿山环境地质问题已成为影响矿山正常生产和人居生态环境安全的重要因素[1]。为了最大程度地减少、减轻矿业开发对矿山地质环境的负面影响，需要进行调查，摸清已存在的矿山地质环境问题，分析成因以及发展趋势，更好的提出防治对策。高分一号影像空间分辨率达到了2米，优于相关规范要求的2.5米[2]，可以用于1:5万比例尺的矿山地质环境调查。

2. GF-1 卫星数据预处理

项目选择两景影像进行处理，分别为：GF1_PMS2_E113.5_N35.2_20151102_L1A0001146932 和 GF1_PMS2_E113.6_N35.5_20151102_L1A0001146931，属于时相较新的存档数据，满足矿山地质环境调查对影像时相的要求。

数据预处理主要是大气校正、多光谱/全色影像正射校正、多光谱和全色影像融合、镶嵌。

(1) 大气校正

在 ENVI5.2 中，直接支持高分一号多光谱和全色数据的辐射定标和大气校正。

使用 Radiometric Calibration 工具，对光谱和全色数据进行辐射校正，设置其中的几个参数，包括定标类型、存储顺序和辐射亮度单位；

应用 FLAASH Atmospheric Correction 工具对前面辐射定标好的数据大气校正，设置传感器基本信息，包括：成像中心点经纬度、传感器高度、像元大小、成像区域平均高度、成像时间、能见度；大气模型和气溶胶模型，根据经纬度和影像区域选择；气溶反演方法选择 None。

(2) 多光谱、全色影像正射校正

高分一号的 L1A 级包括了 RPC 文件，在经过了辐射定标、大气校正等处理，ENVI 会自动将 RPC 嵌入处理结果中。可以直接使用正射校正工具进行处理。启动 RPC Orth rectification Workflow 工具，选择多光谱、全色数据辐射定标结果，其中 DEM 使用 ENVI 自带 DEM，输出像素大小分别填写 8、2，输出获得正射校正后的成果文件。

(3) 多光谱和全色影像融合

影像融合可以分为像素级图像融合、决策级图像融合、特征级图像融合三个层次。本项目所采用的融合方法是基于像素级融合层次上的，主要方法有主成分变换、Brovey 变换、Gram-Schmidt 变换、HSV 变换和 NNDiffuse pan 变换等。崔佳洁、王晓绵等认为 Gram-Schmidt 法各项指标最优，不仅保持了原来的光谱特性，且信息失真小，融合效果最为理想[3] [4]。

在 Toolbox 中，启动 Gram-Schmidt 变换，分别选择多光谱和全色数据进行数据融合处理，获得工作区的融合后影像。

(4) 镶嵌

在两景影像重叠区内选择同名点作为镶嵌控制点，使两景影像同名地物严格对准，并进行亮度匹配，使其过渡自然，不存在明显的拼接缝。

使用 ERDAS Imagine 软件勾画镶嵌线，使用 Mosaic tools 工具进行镶嵌处理，获取能够覆盖整个工作区的完整影像。

3. GF-1 影像几何校正

中国资源卫星应用中心为方便用户使用有理函数模型进行正射处理，分发的 1A 级 GF-1 卫星图像自带有 RPC 参数文件，但其精度只能到达相当于影像直接对地目标定位的精度，后期需要增加地面控制点对 RPC 参数进行几何纠正以满足项目应用实际需要[5]。

控制点布设主要遵循以下主要原则：一，控制点能够控制整个工作区，均匀分布，边界要有控制点；二，选择线条轮廓比较清晰的地物交叉点或拐点作为控制点(如房角、道路交叉口、桥梁等明显且较为固定的地物标志点)；三，对于山区等控制点很难选择的地方一定要有控制点，可选择走向明显的山脊交叉点或拐点作为控制点。

本项目中按照上述原则布设控制点，控制点点位均布设在较为明显、容易识别的道路交叉口，见图 1。

使用 Erdas Imagine 软件的 Geometric Correction 工具进行几何校正，选择使用多项式函数进行几何校正，参考数据使用实测的地面控制点，一阶、二阶、三阶多项式模型结果对比见图 2。

通过进行一、二、三阶多项式的结果对比，发现采用三次多项式校正残差为 0.4202 (即 0.84 米)，小于 1 个像素[6]，已经能够满足项目精度要求。

4. 在矿山地质环境调查中应用

使用经过几何校正的影像作为矿山地质环境调查用工作底图，进行矿山地质环境遥感解译，首先是通过野外踏勘建立解译标志，其次是根据解译标志进行解译、信息提取，包括：矿山开采、中转场地、固体废弃物、矿山建筑等要素占地、地质灾害要素、矿山环境恢复治理要素等内容，最后是进行综合统计和分析。

(1) 建立解译标志

建立遥感解译标志是解译工作的关键之一。遥感解译标志根据各类地物的影像标志直接进行地物解译，并确定其类别，这些标志包括遥感图像上反映地物反射光谱特征的颜色信息、形态信息和综合信息。

在充分收集和分析工作区地质资料的基础上，通过野外实地踏勘、遥感图像上对已知矿山地质环境要素的识别，根据地物波谱特征和空间特征，分别建立各类矿山地质环境要素的遥感解译标志，见表 1。

(2) 信息提取

进行人机交互解译前，充分利用了各类矿山地质环境要素的光谱差异，利用监督分类、非监督分类等方法，对各类矿山地质环境要素进行一些分类处理工作。

在建立解译标志的基础上，采用计算机自动提取和人机交互解译相结合的方式，在正确建立各类矿



Figure 1. Photos of control point layout and measurement
图 1. 像控点布设和测量照片











Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1	Red	447437.860	3917736.188	Purple	447434.241	3917737.270	Control	-0.449	-0.998	1.094	0.963	
2	GCP #2	Red	457233.443	3917076.784	Purple	457230.595	3917078.365	Control	0.490	1.089	1.194	1.050	
3	GCP #3	Red	457094.345	3909643.236	Purple	457090.789	3909642.094	Control	-0.483	-1.073	1.177	1.035	
4	GCP #4	Red	447130.581	3909621.367	Purple	447128.145	3909623.843	Control	0.442	0.983	1.077	0.948	
5	GCP #5	Red			Purple			Control					

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1	Red	447437.860	3917736.188	Purple	447434.241	3917737.270	Control	-0.373	0.226	0.436	0.257	
2	GCP #2	Red	457233.443	3917076.784	Purple	457230.595	3917078.365	Control	0.867	-0.981	1.309	0.770	
3	GCP #3	Red	457094.345	3909643.236	Purple	457090.789	3909642.094	Control	0.440	-0.002	0.440	0.259	
4	GCP #4	Red	447130.581	3909621.367	Purple	447128.145	3909623.843	Control	-0.770	0.751	1.076	0.633	
5	GCP #5	Red	449967.933	3914411.589	Purple	449970.445	3914412.308	Control	1.421	-1.279	1.912	1.125	
6	GCP #6	Red	454324.861	3914761.129	Purple	454321.542	3914766.370	Control	-2.083	2.790	3.481	2.048	
7	GCP #7	Red	454801.243	3911795.161	Purple	454799.133	3911796.048	Control	-0.870	-0.352	0.939	0.552	
8	GCP #8	Red	450484.917	3911340.800	Purple	450483.770	3911342.122	Control	1.368	-1.152	1.789	1.052	
9	GCP #9	Red			Purple			Control					

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	Color	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error	Contrib.	Match
1	GCP #1	Red	447437.155	3917737.642	Purple	447434.241	3917737.270	Control	-0.358	0.316	0.478	1.137	
2	GCP #2	Red	457234.335	3917076.391	Purple	457230.595	3917078.365	Control	0.292	-0.352	0.457	1.089	
3	GCP #3	Red	457094.345	3909643.236	Purple	457090.789	3909642.094	Control	0.342	0.320	0.468	1.114	
4	GCP #4	Red	447127.547	3909620.934	Purple	447128.145	3909623.843	Control	0.120	0.323	0.344	0.819	
5	GCP #5	Red	449969.615	3914411.501	Purple	449970.445	3914412.308	Control	0.605	0.012	0.605	1.440	
6	GCP #6	Red	454323.566	3914764.499	Purple	454321.542	3914766.370	Control	-0.338	0.334	0.475	1.130	
7	GCP #7	Red	454801.243	3911795.161	Purple	454799.133	3911796.048	Control	0.083	0.053	0.099	0.235	
8	GCP #8	Red	450483.971	3911339.825	Purple	450483.770	3911342.122	Control	-0.304	0.177	0.352	0.837	
9	GCP #9	Red	450575.866	3917500.487	Purple	450574.761	3917501.998	Control	-0.047	-0.400	0.403	0.959	
10	GCP #10	Red	454411.801	3917097.769	Purple	454409.603	3917101.011	Control	0.103	0.181	0.208	0.496	
11	GCP #11	Red	457670.046	3914899.642	Purple	457666.211	3914899.650	Control	-0.291	0.358	0.461	1.097	
12	GCP #12	Red	457296.257	3911314.966	Purple	457292.546	3911312.711	Control	-0.291	-0.461	0.545	1.298	
13	GCP #13	Red	453650.111	3909639.014	Purple	453648.009	3909641.118	Control	0.240	-0.351	0.425	1.011	
14	GCP #14	Red	450956.324	3909549.477	Purple	450955.237	3909553.051	Control	-0.357	-0.016	0.358	0.851	
15	GCP #15	Red	446642.887	3911718.339	Purple	446643.016	3911718.005	Control	-0.159	-0.356	0.390	0.927	
16	GCP #16	Red	447157.603	3914718.834	Purple	447157.407	3914717.481	Control	0.361	-0.136	0.386	0.918	

Figure 2. One order (four points), two order (eight points), three order (sixteen points) comparison of polynomial model results
图 2. 一阶(4点)、二阶(8点)、三阶(16点)多项式模型结果对比

Table 1. Remote sensing interpretation symbol
表 1. 遥感解译标志特征表

占地类型	影像	特征
开采面		影像颜色发亮，有明显的陡峭开挖边缘和梯状层次感，有用于运输矿石的道路。
砖厂		影像上可见明显烧砖厂房，周围可见用于制砖的土堆或者矿石堆。
关闭开采面		影像颜色较正在利用的开采面按，呈灰黑色，部分有较少植被覆盖，有明显开挖边缘。
煤堆		影像呈暗黑色，呈堆状，附近有开采煤矿，有用于运输的道路通至外部。
矿石堆		影像颜色较亮，呈堆状，有立体层次感，附近有开采面。
选矿厂		影像颜色发亮，区域内可见有选矿设备，以及选出的矿石。
洗煤厂		影像部分呈暗黑色，为堆状煤，有部分厂房和洗煤设备。
废石堆		影像颜色较暗，呈堆状，有立体层次感，有可分辨的矿石块，位于沟谷或者路边。
煤矸石堆		影像颜色为灰暗色，呈堆状，有立体层次感，附近有开采煤矿。
矿山建筑		建筑物，位于开采面或者井口附近，用于矿业活动。

山地质环境要素解译标志的基础上, 在处理好的数字正射影像图上进行解译。

(3) 综合统计和分析

经过外业核查, 修编完成遥感解译数据。针对解译数据, 按照地形地貌景观破坏、土地资源占用两种方式进行统计和分析。

(A) 地形地貌景观破坏

按照开采面、中转场地、固体废弃物、矿山建筑四类占地方式进行综合统计, 共有占地 105 处, 其中有 2 处开采面, 72 处中转场地, 25 处固体废弃物, 6 处矿山建筑, 占地面积见表 2, 统计图见图 3。

(B) 土地资源占用

按照土地利用现状分类(一级类)方式进行综合统计, 矿业活动占用了耕地、园地、林地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地、住宅用地、工矿仓储用地和公共管理与公共服务用地等 9 类, 占地面积见表 3, 统计图见图 4。

5. 结论

(1) 对 GF-1 影像数据采用多项式函数模型进行几何校正, 通过分别选择 16 个点进行比较, 控制点分布均匀, 能够控制整个工作区, 采用三阶函数时, 残差达到 0.4202, 小于 1 个像素, 满足相关规范要求。

Table 2. Statistical table of landscape destruction

表 2. 地形地貌景观破坏统计表

占地类型	数量(处)	占地面积(公顷)
开采面	2	2.7
中转场地	72	79.96
固体废弃物	25	32.59
矿山建筑	6	32.76

Table 3. Land resources occupation statistics

表 3. 土地资源占用统计表

土地利用现状分类(一级类)	耕地	园地	林地	交通运输用地	水域及水利设施用地	其他土地	住宅用地	工矿仓储用地	公共管理与公共服务用地
占地面积(公顷)	44.59	1.27	14.73	0.74	7.03	3.35	29.67	37.99	0.12

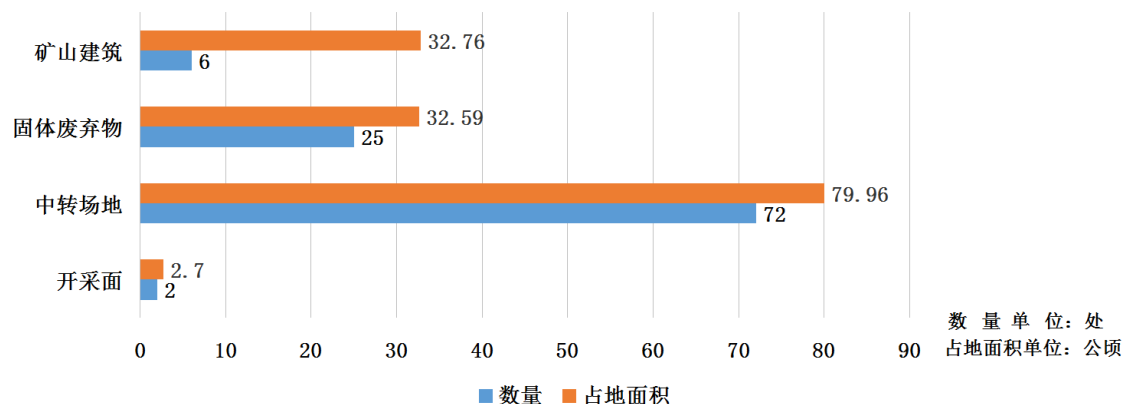


Figure 3. Landscape destruction distribution map

图 3. 地形地貌景观破坏分布图

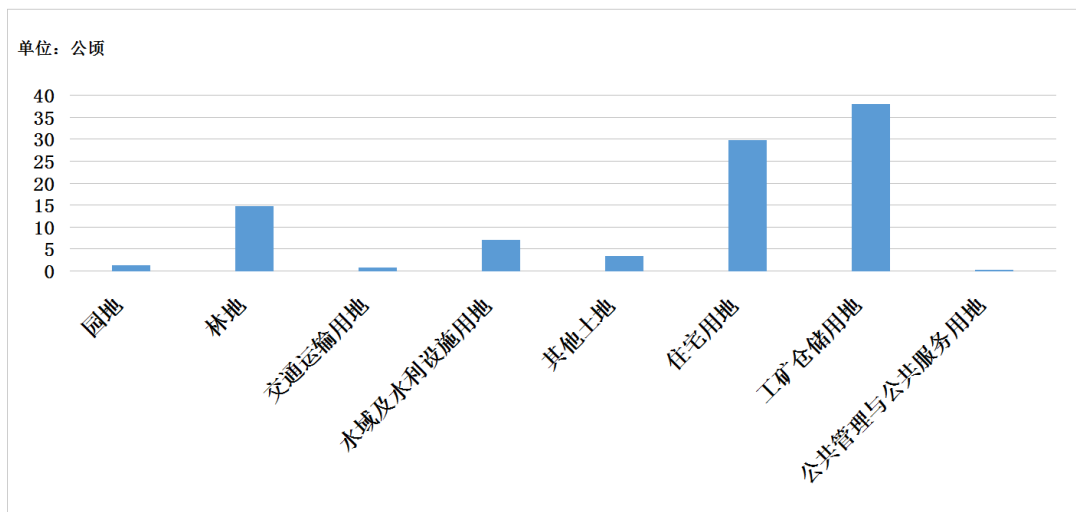


Figure 4. Distribution map of land resources occupied area
图 4. 土地资源占用面积分布图

(2) GF-1 影像纹理清晰，层次分明，信息丰富，地物识别度高，可以有效提高遥感解译的准确率。

(3) GF-1 影像完全可以准确、客观、实时地解译出矿山地质环境要素及环境恢复治理状况，能够为相关的管理部门提供基础数据和决策依据。

基金项目

“河南省国土资源厅 2014 年度河南省‘两权价款’地质科研类项目——基于 HNGICS 系统在采矿区三维形变监测技术研究” (豫国土资函(2015)258 号文件)资助。

参考文献 (References)

- [1] 徐友宁. 矿山地质环境调查研究现状及展望[J]. 地质通报, 2008(8): 1235-1244.
- [2] 《矿山地质环境调查评价规范》DD2014-05.
- [3] 崔佳洁, 李世明. 高分一号卫星影像的融合方法比较研究[J]. 黑龙江工程学院学报. 2015, 29(3): 12-15.
- [4] 王晓绵, 姜芸. 高分一号遥感卫星影像融合及质量评价方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(8): 178-179, 182.
- [5] 黄世存, 吴海平, 曾湧, 等. 高分一号卫星多光谱影像正射精度验证与分析[J]. 测绘科学, 2016(3): 54-57.
- [6] 《矿产资源开发遥感监测技术规范》(DZ/T 0266-2014).

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：gst@hanspub.org