

研究论文

基于 QuickBird 影像生成菲尔德斯半岛 数字正射影像图及其精度评价

鄂栋臣^{1,2} 周宇^{1,2,3} 周春霞^{1,2} 王泽民^{1,2}

(¹ 武汉大学中国南极测绘研究中心, 武汉 430079; ² 极地测绘科学国家测绘局重点实验室, 武汉 430079;

³ 武汉大学测绘学院, 武汉 430079)

摘要 南极菲尔德斯半岛地区是世界各国进行极地科学考察的重要地区, 该地区的高精度数字正射影像图(DOM)给极地考察提供了重要的信息支持。由于受地面控制点数量、分布以及 DEM 精度的影响, 该地区已获取的数字正射影像图精度不能满足高精度应用需求。对此, 本文讨论了利用 QuickBird 影像制作该地区数字正射影像图的方法, 基于 QuickBird 影像, 利用中国第 25 次南极考察队采集的地面控制点对正射纠正模型进行修正, 并结合 1 : 20000 比例尺地形图提取的 DEM 对影像进行投影差改正。误差分析表明, 纠正后影像平面精度优于 1m, 满足 1 : 5000 比例尺遥感平面图制图要求。

关键词 QuickBird 影像 菲尔德斯半岛 数字正射影像图(DOM)

doi:10.3724/SP.J.1084.2010.00397

0 引言

南极菲尔德斯半岛地区是各国科学考察的重点地区之一, 通常在该地区进行测绘、大气、海洋、环境、生态等方面的研究, 而这些科研很大程度上都需要基础地理信息的支撑^[1]。菲尔德斯半岛地区天气多变, 野外大范围的实地测图十分困难, 而航空摄影测量成本过高, 因此高分辨率卫星数据将以其大范围、多时相、高分辨率、多波段等优势发挥重要作用。然而目前, 该地区已有的正射影像图点位误差大于 3 m, 达不到 1 : 5000 比例尺遥感平面图制图的精度要求, 因此必须提供更高精度的基础地理信息数据。

为了更好地对影像进行倾斜改正和投影差改正^[2], 获取更高精度的正射影像, 本文利用第 25 次南极考察队采集的控制点信息, 并结合 1 : 20000 地形图提取的 DEM, 对正射纠正模型进行修正。误差分析结果表明点位精度优于 1m, 能满足 1 : 5000 比例尺遥感平面图制图要求。该正射影像图将在长城站及乔治王岛地区多项考察中发挥重要作用, 例如,

[收稿日期] 2010 年 6 月收到来稿, 2010 年 8 月收到修改稿。

[基金项目] 国家高技术研究发展计划(863 计划)专题课题(2009AA12Z133)、国家自然科学基金(40606002)、国家测绘局南极考察地区基础测绘项目(1469990711109-1)资助。

[作者简介] 鄂栋臣, 男。教授, 博士生导师, 从事极地测绘遥感信息领域的研究。

地面考察路线的选择,精确地面控制点的选取和布设,地理环境要素的分析等。

1 数据获取

1.1 卫星影像数据

QuickBird 卫星能提供 0.61 m 全色和 2.4 m 可见光/近红外波段影像,是目前世界上分辨率最高的商用卫星。平均 4—6 d 可获取同一地物影像,全色和多光谱同时成像,保证了图像间的匹配性^[3]。因而,QuickBird 影像是制作该地区正射影像图理想的数据源。

本文采用 2007 年 10 月 16 日所获取的 QuickBird 影像数据,全色影像与多光谱影像同时成像,覆盖南纬 62°09′—62°15′,西经 58°53′—59°03′,数据格式为 GeoTIFF。

1.2 GPS 数据

采用第 25 次(2008/2009)中国南极科学考察队员度夏期间采集的 GPS 测量数据作为控制点,通过坐标改正、投影换算得到控制点的通用横轴墨卡托(UTM)投影坐标。

1.3 DEM 数据

为了提高正射纠正精度,本文采用菲尔德斯半岛 1 : 20000 地形图,进行矢量化、地理编码,生成该地区 DEM,如图 1,并与高分辨率雷达卫星南极测绘项目数字高程模型(RAMP DEM,图 2)进行对比分析。其中,由地形图矢量化得到的 DEM 高程精度优于 4 m。



图 1 地形图矢量化 DEM

Fig. 1. DEM vectorized from topographic map

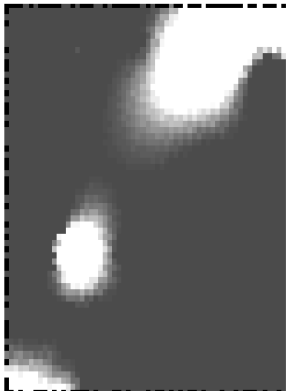


图 2 RAMP DEM

Fig. 2. RAMP DEM

2 数据处理

本文对菲尔德斯半岛地区 QuickBird 卫星影像进行配准、融合、正射纠正,并最终制成正射影像^[4]。同时为了验证同源影像配准对正射纠正结果的影响程度,实验中另外采

用了直接融合、正射纠正、成图的技术方案,并对两者进行了对比。

2.1 影像配准

遥感影像的配准一般以高分辨率影像为参考影像,对低分辨率影像进行几何校正并重采样使之与高分辨率影像匹配^[5]。一般要求配准误差在一个像元以内。

全色影像和多光谱影像间同名点的选取是影像配准的关键,配准精度与同名点的数量、精度、分布相关。本文选取了明显特征点作为同名点,如码头、机场、岩石、房角等,保证同名点均匀分布,控制全图范围的配准精度。通过试验发现,对影像进行二次项配准得到的结果较好,理论上最少需要 6 对同名点解算配准模型,图 3 给出了同名点数量与配准均方根误差的关系, X 方向残差分别为 0.7163m, 0.6692m, 0.5118 m, 0.5507m, 0.6183m 和 0.6321 m, Y 方向残差分别为 0.6332m, 0.6084m, 0.4403m, 0.4247m, 0.4420m 和 0.4506 m, 均方根误差分别为 0.9560m, 0.9044m, 0.6579m, 0.6954m, 0.7600m 和 0.7763 m。由此可以看出,在一定范围内同名点数量越多,配准精度越高;同名点数量超过某个最佳值(本文实验中同名点数量为 14 时误差最小)时,对影像配准精度没有改善。

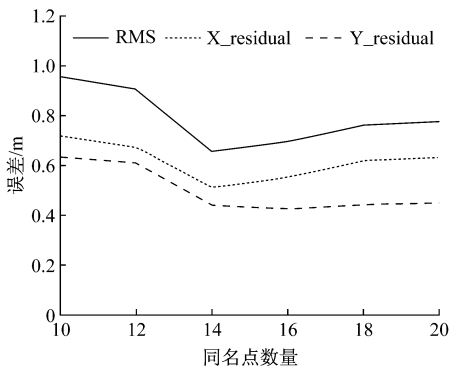


图 3 影像配准误差
Fig. 3. The error of image registration

2.2 影像融合

采用了 Pansharp 变换法和 PCA 方法进行影像融合,并从整体视觉效果、区域性定量分析等方面评价了两种融合结果的质量。分析结果表明:PCA 方法的融合效果在该地区优于 Pansharp 变换法,所以最终采用 PCA 方法。

2.3 正射纠正

高分辨率卫星一般不提供严格的传感器物理模型,进而产生了一些替代模型,其中最为著名的是有理函数模型(RFM),其实质是利用 RPC 模型拟合严格的几何模型^[6]。QuickBird 影像提供了 80 个有理多项式系数 RPC 作为影像的几何模型。对于融合后的影像,由于具有了全色影像的几何特征,所以采用全色影像的 RPB 文件进行正射纠正。

利用地面控制点和 DEM 进行正射纠正,因为实测控制点分布范围有限,所以采用一次项进行纠正。分别选取了智利机场(zljc1)、乌拉圭站(wlg1)、停机坪(tjp1)、智利站

(zl1)4 个点为控制点,控制点分布如图 4 所示,最终制成菲尔德斯正射影像图,如图 5 所示。

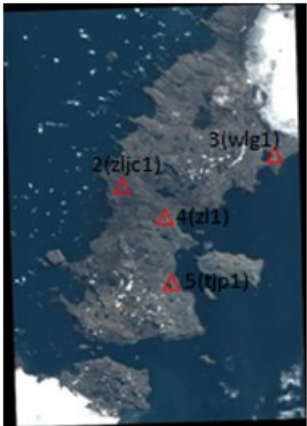


图 4 控制点分布
Fig. 4. Distribution of control points



图 5 FILDES 地区正射影像图
Fig. 5. Orthoimage of FILDES

3 结果分析

3.1 影像配准误差分析

为验证 QuickBird 这种同源传感器影像自身融合是否需要配准的问题^[7],对全色影像与多光谱影像分别进行配准与不配准处理,两组影像正射纠正误差如表 1。由表 1 可见经过精确配准后的影像,在 X 方向的精度有明显改善,在 Y 方向的精度也有提高,从均方根误差来看,影像配准能改善正射纠正精度,因此即使对于同源影像的融合处理,也建议进行高精度的配准。

表 1 影像配准对正射纠正误差的影响						
Table 1. The influence of image registration on ortho-correction						
控制点	配准影像正射纠正误差			未配准影像正射纠正误差		
	$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	RMS/m	$\Delta X/m$	$\Delta Y/m$	RMS/m
1	-0.47	0.14	0.494	-1.26	0.51	1.359
2	-0.27	0.86	0.902	-2.30	2.27	3.232
3	-0.39	-0.77	0.863	-1.65	-1.72	2.383
4	-0.13	-0.25	0.28	-1.34	0.72	1.521
5	0.00	-0.15	0.154	-1.02	0.95	1.394
6	-0.52	-0.77	0.933	-1.36	-0.19	1.373
7	-0.06	-0.31	0.312	-0.89	0.64	1.096
8	-0.29	0.73	0.783	-1.22	1.03	1.597
9	0.07	0.47	0.478	-0.76	1.43	1.619
10	-0.02	-0.73	0.726	-1.23	0.21	1.248
11	-0.77	-0.41	0.87	-2.30	0.76	2.422
12	-0.29	-0.22	0.365	-1.73	0.80	1.906

3.2 影像融合评价

从图 6、图 7 可见 PCA 方法和 Pansharp 变换法在空间分辨率和光谱信息方面差别不大,融合效果相似,都能较好的保留原始影像的光谱信息,从视觉效果上难以进行评价。



图 6 PCA 融合
Fig. 6. Fusion of PCA



图 7 Pansharp 变换法融合
Fig. 7. Fusion of Pansharp

通过计算融合影像的灰度平均值、标准差、信息熵等几个参数进行比较^[8],具体计算由 IDL 语言完成,计算结果如表 2 所示。Pansharp 变换法灰度平均值更接近 128,略优于 PCA 方法;而在标准差以及信息熵方面可以看出,PCA 方法均优于 Pansharp 变换法。因此 PCA 方法在该地区更优。

表 2 影像融合评价指标
Table 2. The indexes of image fusion

融合方法	平均值	标准差	信息熵			
			红	绿	蓝	近红外
Pansharp	222.1	145.4	6.79728	7.61229	7.06261	7.09356
PCA	238.7	160	7.15394	7.84586	7.33429	7.40287

3.3 DEM 对正射纠正误差分析

数字地形模型在一定程度上决定了正射纠正误差,随着 DEM 精度的提高,正射纠正精度会显著提高。表 3 给出了地面高程与正射纠正均方根误差的关系,采用 RAMP DEM 的正射纠正 X 方向误差、Y 方向误差和均方根误差均值分别为:−4.658 m,−1.086 m,4.792 m,采用地形图矢量化 DEM 的正射纠正 X 方向误差、Y 方向误差和均方根误差均值分别为:−0.262 m,−0.118 m,0.597 m。不难看出,RAMP DEM 精度不太理想,而且地面点高程值越大,RAMP DEM 对地形的纠正效果就越不明显,均方根误差就越大,在地形起伏较大的地区,最大误差甚至达到 13.557 m;而地形图矢量化得到的

DEM 精度较好,很好地克服了地形起伏引起的点位误差。

表 3 地面高程与正射纠正误差
Table 3. Relationship of height and ortho-rectified error

点号	高程(m)	点位误差(m)					
		RAMP DEM			地形图矢量化 DEM		
		$\triangle x(m)$	$\triangle y(m)$	RMS(m)	$\triangle x(m)$	$\triangle y(m)$	RMS(m)
1	25.12	-1.59	0.03	1.59	-0.29	-0.22	0.37
2	25.16	-1.82	-0.34	1.85	-0.77	-0.41	0.87
3	26.94	-2.35	-0.56	2.41	-0.47	0.14	0.49
4	36.11	-3.90	-0.38	3.91	-0.29	0.73	0.78
5	36.15	-3.06	-0.90	3.18	-0.02	-0.73	0.73
6	36.17	-3.34	-0.54	3.39	0.07	0.47	0.48
7	37.13	-4.43	-1.09	4.57	-0.52	-0.77	0.93
8	37.23	-3.78	-1.23	3.97	0.00	-0.15	0.15
9	37.24	-3.30	-0.65	3.37	-0.06	-0.31	0.31
10	37.28	-3.47	-1.07	3.63	-0.13	-0.25	0.28
11	61.78	-11.72	-2.91	12.08	-0.27	0.86	0.90
12	63.14	-13.13	-3.39	13.56	-0.39	-0.77	0.86

4 结语

数字正射影像图的高精度、直观性、现实性使得它在极地的应用越来越广泛。数字正射影像的质量依赖于多方面因素:影像配准的精度、影像融合方法、地面控制点精度、DEM 数据质量等。本文经过影像配准、影像融合、正射纠正处理,点位精度优于 1m,并最终完成制作菲尔德斯地区 1:5000 正射影像图的工作,而此前该地区没有更高精度的地图数据。该正射影像图将为以后极地科考与研究提供了重要依据。

QuickBird 全色和多光谱影像同时成像的特点解决了影像之间相关性的问题,但是南极地区地貌和地物特征不易识别,在很大程度上也影响了南极遥感制图的精度。如果能提供明显的特征点及其地理坐标,卫星遥感图像处理精度将得到进一步提高,为极地动态监测、大比例尺地图测图、环境评价等提供更加准确的信息。

参考文献

1 鄂栋臣,沈强,孟泱. 利用 IKONOS 立体像对提取南极菲尔德斯半岛地区 DEM 及其精度分析. 极地研究,2007,19(4):263—273.

2 张祖勋,张剑清. 数字摄影测量学. 武汉:武汉大学出版社,2007.

3 DIGITAL GLOBE. QuickBird Imagery Products-Product_Guide.

4 党安荣,王晓栋,陈晓峰,等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法. 北京:清华大学出版社,2003.

5 孙家柄. 遥感原理与应用. 武汉:武汉大学出版社,2003.

6 张永生,刘军. 高分辨率遥感卫星立体影像 RPC 模型定位的算法及其优化. 测绘工程,2004,13(1):1—4.

7 甄静,何国金. 高分辨率遥感影像融合存在的问题及改进措施. 遥感信息,2005,(4):45—48.

8 谭永生,沈掌泉,贾春燕,等. QuickBird 全色与多光谱影像融合方法比较研究[J]. 科技通报,2008,(7):498—503.

9 GB15968-1995. 遥感影像平面图制作规范,1996.

10 GB/T 13990-92. 1:5000、1:10000 地形图航空摄影测量内业规范,1993.

DOM GENERATION AND PRECISION ANALYSIS OF FILDES PENINSULA BASED ON QUICKBIRD IMAGES

E Dongchen^{1,2}, Zhou Yu^{1,2}, Zhou Chunxia^{1,2}, Wang Zemin^{1,2}

(¹ Chinese Antarctic Center of Surveying and Mapping, School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

² Key Laboratory of Polar Surveying and Mapping, SBSM, Wuhan 430079, China;

³ School of Geodesy and Geomatics, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract

Fildes Peninsula is one of the most significant regions for polar scientific research. The high resolution digital orthoimage map(DOM) of this region provides important information. However, influenced by the quality of ground control points(GCPs) and DEM, the existed DOMs are inadequately precised for high accuracy application. Regarding this, this paper addresses DOM generation based on QuickBird images of Fildes Peninsula. Combined with the GCPs collected during CHINARE-25 and the DEM created from the 1:20000 topographic map, the ortho rectification model and height displacement are meliorated. The result shows that the plane error of the image is less than 1 meter, which can meet the requirements of 1:5000 remote sensing cartographic map.

Key words QuickBird image, Fildes Peninsula, DOM