

QuickBird 数字遥感图像光谱辐射定标

张国坤^{1,2}, 陈春¹, 邢福³, 张洪岩^{1*}, 赵云生¹

1. 东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024
2. 吉林师范大学旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000
3. 东北师范大学生命科学学院, 吉林 长春 130024

摘要 通过高分辨率的 QuickBird 数字遥感图像辐射定标的基础工作, 包括数字图像的物理属性、数字图像的数学基础及注记、图像数据格式等, 利用洪河幅 QuickBird 数字遥感图像记录的来自地气系统的光谱辐射亮度信息, 提出辐射定标的计算方法。运用像元 DN 值转换为波段积分辐射亮度, 然后再计算光谱辐射亮度, 该辐射定标后的 QuickBird 图像体现了各种地物的光谱特征的定量信息, QuickBird 图像只有经过定标才能与其他传感器图像定量比较分析, 从而使反演图像具有应用价值。其意义是为下一步对所需要的专题信息提取进行的图像融合和增强处理提供重要的基础条件, 为遥感图像的反演提供了地物光谱信息, 这样把对地物波谱特征的研究与建立遥感应用模型结合起来, 从而达到对地物定量分析的目的。

关键词 QuickBird 数字图像; 像元值; 光谱辐射定标; 绝对定标因子; 图像融合

中图分类号: O657.6, TP751.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2008)03-0494-05

引言

地物波谱特征的研究是遥感的重要组成部分, 它是人们研究遥感成像机理, 选择遥感仪器最佳探测波段、研制遥感仪器, 以及遥感图像分析、数字图像处理的最佳波段组合选择、专题信息提取^[1]和提高遥感精度等的重要依据^[1-7], 同时它是遥感应用分析的基础^[8-12]。对于高分辨率的 QuickBird 数字遥感图像除了自身的全色波段和多光谱波段, 可以通过各个波段遥感图像自身的信息对遥感数据进行定标^[13], 以便达到为下一步的多源遥感数据的融合提供可靠定量地物信息的目的。本文通过 QuickBird 数字遥感图像辐射定标的基础, 提出辐射定标的计算方法以及应用的意义。

1 QuickBird 数字遥感图像辐射定标的基础

QuickBird 数字遥感图像辐射定标的基础工作包括数字图像的物理属性、数字图像的数学基础及注记、图像数据格式等。

1.1 图像物理属性

快鸟(QuickBird)是目前分辨率最高的商业卫星(2001年10月18日发射), 推扫式成像, 其基本物理属性: 全色波段(Pan band)像元尺寸为 0.61 m, 波长范围为 450~900 nm, 多光谱波段像元尺寸为 2.44 m, 波长范围: 蓝波段(band 1)450~520 nm、绿波段(band 2)520~600 nm、红波段(band 3)630~690 nm、近红外波段(band 4)760~900 nm; 卫星最大天顶角 25°, 轨道高度 450 km, 轨道倾角 98°(太阳同步), 沿轨/横轨迹方向立体成像, 辐照宽度以星下点轨迹为中心左右各 272 km; 分幅模式条带 16.5 km×165 km, 单景 16.5 km×16.5 km, 图像幅宽为 16.5 km; 量化值是 11 位; 重访周期为 1~6 d(取决于纬度高低)。

1.2 图像数学基础及意义

一般用户使用 QuickBird 2A 级图像产品, 2A 级产品用粗略的 DEM 进行了几何校正, 采用高斯-克吕格投影, 与我国大中比例尺地形图投影一致, 注记也类似。注记位于影像外部边框线上, 分别标注方里网和经纬网, 影像内部可显示方里网。在 ENVI 的 Image 窗口中, 多光谱图像显示的比例尺约为 1:1 万, 全色波段约为 1:2 500, 图像分别可用作 1:1 万和 1:2 500 比例尺的地图制图资料。

收稿日期: 2007-05-10, 修订日期: 2007-08-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(30470314)和东北师范大学“十一五”科技创新平台建设项目资助

作者简介: 张国坤, 1963 年生, 吉林师范大学旅游与地理科学学院副教授 e-mail: ldxyzgk@163.com

* 通讯联系人 e-mail: zhy@nenu.edu.cn

Table 1 Pan-band image metadata document: 05SEP04021609-P2AS-005513779010_01_P001. IMD

version="R";	BEGIN_GROUP=MAP_PROJECTED_PRODUCT
generationTime=2005-09-04T05:48:06.000000Z;	earliestAcqTime=2005-09-04T02:16:09.322058Z;
productOrderId="005513779010_01_P001";	latestAcqTime=2005-09-04T02:16:09.322058Z;
imageDescriptor="Standard2A";	datumName="WE";
bandId="P";	semiMajorAxis=6378137.0000;
panSharpenAlgorithm="None";	inverseFlattening=298.257223563;
numRows=18452;	datumOffset=(
numColumns=18628;	0.000,
productLevel="LV2A";	0.000,
radiometricLevel="Corrected";	0.000);
radiometricEnhancement="Off";	mapProjName="UTM";
bitsPerPixel=16;	mapProjCode=1;
compressionType="None";	mapZone=53;
BEGIN_GROUP=BAND_P	mapHemi="N";
ULLon=133.61585475;	mapProjParam=(
ULLat=47.94900737;	0.000000000,
ULHAE=67.12;	0.000000000,
URLon=133.76549469;	0.000000000,
URLat=47.95071354;	0.000000000,
URHAE=71.00;	0.000000000,
LRLon=133.76786031;	0.000000000,
LRLat=47.85113066;	0.000000000,
LRHAE=70.14;	0.000000000,
LLLon=133.61850691;	0.000000000,
LLLat=47.84943040;	0.000000000,
LLHAE=70.43;	0.000000000,
absCalFactor=6.447600e-02;	0.000000000,
END_GROUP=BAND_P	0.000000000,
outputFormat="GeoTIFF";	0.000000000,
BEGIN_GROUP=IMAGE_1	0.000000000);
satId="QB02";	productUnits="M";
CatId="10100100047F4200";	originX=396648.29999832;
collectedRowGSD=0.642;	originY=5311559.69999968;
collectedColGSD=0.645;	orientationAngle=0.0;
meanCollectedGSD=0.643;	resamplingKernel="CC";
rowUncertainty=38.36;	colSpacing=0.60;
colUncertainty=38.05;	rowSpacing=0.60;
sunAz=161.9;	ULX=396648.29999832;
sunEl=48.2;	ULY=5311559.69999968;
satAz=43.1;	ULH=67.12;
satEl=76.1;	URX=407824.49999924;
inTrackViewAngle=11.0;	URY=5311559.69999976;
crossTrackViewAngle=7.1;	URH=71.00;
offNadirViewAngle=13.1;	LRLX=407824.49999925;
cloudCover=-999.0;	LRLY=5300489.09999976;
PNIIRS=4.9;	LRH=70.14;
TDILevel=13;	LLX=396648.29999834;
positionKnowledgeSrc="R";	LLY=5300489.09999969;
attitudeKnowledgeSrc="R";	LLH=70.43;
revNumber=21794;	DEMCorrection="Coarse DEM";
END_GROUP=IMAGE_1	numGCP=0;
	END_GROUP=MAP_PROJECTED_PRODUCT
	END;
	time-delayed integration, 暴光级别
标识符注释	absCalFactor radiometric absolute calibration factor, 也称 K 因子
	sunAz sun azimuth 太阳方位角(度)

1.3 图像数据格式

用户一般购买的是 2A 级(Level 2A)图像产品, 2A 级产品的 QuickBird 图像多为 GeoTIFF 格式, 这种格式中, 4 个多光谱波段像元值记录在一个 *.Tif 文件中, 一个像元值占 16 比特或 8 比特, 都是正整数型, 称为 DN(Digital Number)。一个 *.Tif 文件的元数据记录在 3 个辅助文件中, 辅助文件都是 ASCII 码文件。全色波段像元值记录在另一个 *.Tif 文件中, DN 值也是 16 或 8 比特正整数, 同样有 3 个辅助文件。下面是洪河(湿地保护区)幅 QuickBird 图像的元数据文件 *.IMD(Imagery MetaData)(表 1), 其中含有定标参数。

2 辐射定标

将图像的 DN 值转换成大气顶部的光谱辐射亮度值称为辐射定标, QuickBird 图像只有经过定标才能与其他传感器图像比较。

QuickBird 2A 级图像定标分两步: 先将像元 DN 值转换为波段积分辐射亮度(Band-integrated radiance) $W/(m^2 \cdot ster)$; 然后计算光谱辐射亮度 $W/(m^2 \cdot ster \cdot \mu m)$ 。

2.1 计算波段积分辐射亮度

2.1.1 QuickBird 16 比特图像波段积分辐射亮度

QuickBird 波段积分辐射亮度 L_i
 $L_i = DN * absCalFactor$ (1)

absCalFactor: 绝对定标因子, 记录在 *.IMD 文件中。 L_i 的单位取 $W/(m^2 \cdot ster)$ 。

QuickBird 16 比特图像, 不同 *.IMD 文件中记录的 absCalFactor 值相同, 称为因子 K , 如表 2 所示。16 比特图像中的 DN 值是 QuickBird 成像仪的测量值(Counts), *.IMD 文件中的 absCalFactor 值是上表中的 K 值。对于 8 比特图像, 若 11 比特的 Counts 的最大值 $< 2^8$, 则记为 DN, 否则, 将 Counts 值线性变换到 8 比特范围内记为 DN, 因此, 8 比特图像的 absCalFactor 与 K 值不相等。

Table 2 AbsCalFactor (K) of 16 bit image and amendatory CalFactor (K') of 8 bit image

Waveband	TDI Level	$K(absCalFactor)$ $W/(m^2 \cdot ster \cdot DN)$	k'
Pan	10	8.381 880e-02	1.026 813 67
Pan	13	6.447 600e-02	1.028 489 39
Pan	18	4.656 600e-02	1.027 947 02
Pan	24	3.494 440e-02	1.029 896 85
Pan	32	2.618 840e-02	1.027 398 98
Blue	NA	1.60 4120e-02	1.120 978 34
Green	NA	1.438 470e-02	1.376 526 32
Red	NA	1.267 350e-02	1.309 245 87
NIR	NA	1.542 420e-02	0.983 686 22

2.1.2 早期 8 比特图像波段积分辐射亮度

表 2 中的 K 值在世界标准时(GMT)2003 年 6 月 6 日 0 点开始使用, 并记录在 absCalFactor 中, 称为修正后的 K 值, 在这之前, *.IMD 文件中记录的 absCalFactor 值与上

表不同, 应采用修正后的 K 值, 对于 16 比特图像, absCalFactor 取上表中的 K 值即可。对于 8 比特图像, 方法如下。

在世界标准时 2003 年 6 月 6 日 0 点之前生产的图像, 定标参数必须修正, 对于 8 比特图像, 波段积分辐射亮度 L_i

$L_i = DN * absCalFactor * k'$ (2)

absCalFactor: 记录在 *.IMD 文件中的绝对定标因子。 L_i 的单位取 $W/(m^2 \cdot ster)$ 。2003 年 6 月 6 日 0 点之前生产的 8 比特图像定标修正因子 k' (表 3)。

Table 3 Significant width of each waveband of the Quick Bird($\Delta\lambda$)

Waveband	Significant width(μm)
Pan	0.398
Blue	0.068
Green	0.099
Red	0.071
NIR	0.114

2.2 计算光谱辐射亮度

第二步是计算大气上界测量的地物光谱辐射亮度波段平均值 L ,

$L = L_i / \Delta\lambda$ (3)

L 的单位取 $W/(m^2 \cdot ster \cdot \mu m)$ 。 L_i 是用式(1)计算的光谱辐射亮度, 单位是 $W/(m^2 \cdot ster)$, $\Delta\lambda$ 是波段有效宽度(表 3), 单位取 μm 。

3 辐射定标后的 QuickBird 图像及其意义

洪河幅成像于 2005 年 9 月 4 日, 成像时太阳高度角 48.2° , 太阳方位角 161.9° , 下面图 1, 图 2 和图 3 是 ENVI 显示的洪河幅 QuickBird 图像中裁剪的同一个区域, 图 1 为由 3, 2, 1 波段对应 R, G 和 B 组合成真彩色影像(R: 3, G: 2, B: 1), 图 2 由 4, 3, 2 波段对应 R, G, B 组合成假彩色影像(R: 4, G: 3, B: 2), 图 3 则是全色波段图像。洪河幅全色波段频率最大的像元 DN 值是 308。由洪河幅 *.MID 文件可知, 成像在 2003 年 6 月 6 日之后, absCalFactor=0.064 476,



Fig. 1 Real color composite image (R: 3, G: 2, B: 1)



Fig. 2 False color composite image

(R: 4, G: 3, B:1)



Fig. 3 Part of the Pan-band image

$\Delta\lambda=0.398$ 。光谱辐射亮度波段积分值 L_i : $L_i = DN * \text{absCal-Factor} = 308 * 0.064476 = 19.858608 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{ster})$; 光谱辐射亮度 L : $L = L_i / \Delta\lambda = 19.858608 / 0.398 = 49.896 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{ster} \cdot \mu\text{m})$, 因而求出其光谱辐射亮度。

因为反演图像明显优越于原图像, 而且反演方法行之有效^[14]。辐射定标后的 QuickBird 图像体现了各种地物的光谱

特征的定量信息, 其意义在于可以为下一步对需要的专题信息提取所进行的图像融合增强^[15]处理提供了重要的基础条件, QuickBird 图像只有经过定标才能与其他传感器图像比较, 为遥感图像的反演提供了地物光谱信息, 这样把地物波谱特征研究与建立遥感应用模型结合起来, 从而达到对地物定量分析的目的。

参 考 文 献

- [1] LIU Fang, WANG Jun-de(刘芳, 王俊德). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(8): 946.
- [2] Jensen J R. Remote Sensing of the Environment: an Earth Resource Perspective, Upper Saddle River, Prentice-Hall Inc, 2000.
- [3] ZHANG Xiao-can, HUANG Zhi-cai, ZHAO Zhi-hong(章孝灿, 黄智才, 赵之洪). Digital Remote Sensing Data Processing(遥感数字图像处理). Hangzhou: Press of Zhejiang University(杭州: 浙江大学出版社), 1997.
- [4] SUN Jia-bing, SHU Ning, GUAN Ze-qun(孙家柄, 舒宁, 关泽群). Remote Sensing Principle Method and Application(遥感原理、方法和应用). Beijing: Press of Survey and Drawing(北京: 测绘出版社), 1997.
- [5] MEI An-xin, PENG Wang-lu, QING Qi-ming, et al(梅安新, 彭望球, 秦其明, 等). Remote Sensing Introduction(遥感导论). Beijing: Higher Education Press(北京: 高等教育出版社), 2001.
- [6] Jonas Gomes, Luiz Velho. Image Processing for Computer Graphics. Translated by Silvio Levy. New York: Springer-Verlag, 2000.
- [7] MA Ting(马廷). Remote Sensing Information(遥感信息), 2001, 3: 6.
- [8] WU Lian-xi, LIANG Bo, LIU Xiao-mei. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2005, 34(2): 118.
- [9] JIA Yong-hong, LI De-ren, SUN Jia-bing(贾永红, 李德仁, 孙家柄). Remote Sensing Technology and Application(遥感技术与应用), 2000, 15(1): 41.
- [10] ZHONG Zhi-yong, CHEN Ying(钟志勇, 陈鹰). Acta Geodaetica et Cartographica Sinica(测绘学报), 2002, 31(sup): 56.
- [11] TANG Guo-an, ZHANG You-shun, LIU Yong-mei(汤国安, 张友顺, 刘咏梅). Digital Remote Sensing Data Processing(遥感数字图像处理). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2004.
- [12] ZHAO Ying-shi, et al(赵英时, 等). Remote Sensing Application Analytical Principles and Methods(遥感应用分析原理与方法). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 2003.
- [13] TONG Qing-xi(童庆禧). Spectral and Analysis of Typical Earth Objects of China(中国典型地物波谱及其特征分析). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1990.
- [14] CHEN Chun, WU Yu-hang, LIU Zhi-ming, et al(陈春, 吴雨航, 刘志明, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(4): 739.
- [15] LIN Hui, LI Ji-ping, MO Deng-kui(林辉, 李际平, 莫登奎). Journal of Image and Graphics(中国图像图形学报), 2005, 10(10): 1504.

Spectral Radiometric Calibration Research of Quick Bird Digital Image

ZHANG Guo-kun^{1, 2}, CHEN Chun¹, XING Fu³, ZHANG Hong-yan^{1*}, ZHAO Yun-sheng¹

1. College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

2. The Faculty of Tourism and Geographical Science, Jilin Normal University, Siping 136000, China

3. College of Life Sciences, Northeast Normal University, Changchun 130024, China

Abstract The present article uses the basic operation of the digital remote image radiometric calibration of the Quickbird with high distinguishing rate, including the physical attribute and the mathematical basement of digital images, the annotation as well as the format of image data. The study makes use of information of spectral radiance from the ground-atmosphere system, which is recorded by the digital remote image of Quick Bird in Honghe area. This dissertation offered the calculation means of radiometric calibration, and changed the pixel digital number into band-integrated radiance. Then, the spectral radiance was calculated. After the radiometric calibration, the Quick Bird image showed the quantitative information of spectral feature from various ground items. Only through the calibration can the Quick Bird image be quantitatively compared and analyzed with other remote sensor images. Thus, the inversion image has the value of application. The significance consists in offering important basic condition for the image amalgamation and better disposal of the special information pick-up. This effort also offered spectral information of the ground items for the inversion of the remote image. Therefore, the authors can combine the research of the spectral character of ground items with the establishment of the remote application model in order to quantitatively analyze the ground items.

Keywords Quick Bird digital image; Pixel digital number; Spectral radiometric calibration; absCalFactor(Absolute calculation factor); Image fusion

(Received May 10, 2007; accepted Aug. 20, 2007)

* Corresponding author