

文章编号:1001-9014(2010)04-0293-04

扫描参数校正模型在 FY-3A 红外分光计遥感图像 定位校正中的应用

陈海燕¹, 尹球², 胡勇¹

(1. 中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083; 2. 上海市卫星遥感和测量应用中心, 上海 201100)

摘要:研究了红外分光计(IRAS)图像定位结果存在偏差的总体规律,应用扫描参数校正模型定量地分析了扫描参数偏离对定位结果的影响,提出了修改扫描参数校正定位结果的参考方案.经校正后的定位结果与世界地理底图完全套合,验证了该方案的可行性.

关键词:红外分光计;图像定位;扫描参数

中图分类号:TP751 文献标识码:A

GEOLOCATION AND CORRECTION OF FY-3A ATMOSPHERIC INFRARED SOUNDER REMOTE SENSING IMAGE

CHEN Hai-Yan¹, YIN Qiu², Hu Yong¹

(1. Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China;

2. Shanghai Satellite Remote-sensing and Measurement Application Center, Shanghai 201100, China)

Abstract: The general rule of deviations existed in the geolocation results of atmospheric infrared sounder (IRAS) image was investigated. The influence of scanning parameter deviation on geolocation was quantitatively analyzed by using scanning parameter correction model. A reference scheme was proposed to correct the geolocation deviation of AIRS images. It is shown that the corrected geolocation result is coincident with the World Geography Base Map and the feasibility of the scheme was verified.

Key words: atmospheric infrared sounder (IRAS); image geolocation; scanning parameter

引言

卫星发射上天,若图像经定位处理出现定位偏差,在地面硬件设备检测和软件代码检查两方面确认无误后,则引起遥感图像元定位结果出现偏差的原因可能是由星上许多综合因素造成的,但因卫星上天,无法准确地检测出是由仪器某一参数或卫星某一部分引起的,因此要获得精准的定位信息则需要调整定位模型中的参数间接定位^[1]来校正定位结果.目前对于定位校正都是采用精确选择地面控制点反推出姿态角或者轨道参数偏差的方法^[2],对于空间分辨率较低的遥感图像数据(如空间分辨率为 17km 的 FY-3A 红外分光计(IRAS)^[3],控制点无法精确得到.针对 FY-3A IRAS 的定位偏差规律,应用行扫描光学

传感器扫描参数不同偏离量下对定位结果影响的定量计算模型^[4],分析了 IRAS 扫描参数对定位结果的影响,提出了相应的参数解决方案.

1 扫描参数校正模型^[4]

极轨气象卫星行扫描光学遥感图像元定位模型中涉及的扫描参数有探测器的安装位置、45°扫描镜的法线指向以及扫描时间.本节给出各参数在调整前后对视矢量在扫描方向和飞行方向上改变的像元数的计算模型.

传感器坐标系下,像元视矢量分量的计算模型为:

$$\begin{cases} u_x = -\sin\theta\cos\beta\sin\alpha + \cos\theta\sin\beta \\ u_y = -\sin\theta\cos\beta\cos\alpha + \cos^2\theta\cos\beta\sin\alpha + \sin\theta\cos\theta\sin\beta \\ u_z = \cos\theta\cos\beta\cos\alpha + \sin\theta\cos\theta\cos\beta\sin\alpha + \sin^2\theta\sin\beta \end{cases}, \quad (1)$$

收稿日期:2009-09-11,修回日期:2010-02-01

基金项目:863 计划(2006AA12Z148)

作者简介:陈海燕(1983-),女,湖南衡阳人,博士研究生,研究方向为新型传感器数据处理技术.

Received date: 2009-09-11, revised date: 2010-02-01

α (rad) 为探测器在扫描方向偏离光轴的角度, β (rad) 为探测器在飞行方向偏离光轴的角度, θ 为像元的扫描角度. 设探测器在扫描方向上存在偏离与理想情况下的视矢量, 在扫描和飞行方向上偏离的像元个数分别为 Δn_{scan} 、 Δn_{along} .

1) 探测器离轴沿扫描方向上存在偏差 $\beta = 0$:

$$\Delta n_{\text{scan}} = \left(\arctan \left(\frac{-\sin\theta * \cos\alpha + \cos^2\theta \sin\alpha}{\cos\theta \cos\alpha + \sin\theta \cos\theta \sin\alpha} \right) + \theta \right) / \Delta\theta, \quad (2)$$

$$\Delta n_{\text{along}} = \left(\arctan \left(\frac{-\sin\theta * \sin\alpha}{\cos\theta \cos\alpha + \sin\theta \cos\theta \sin\alpha} \right) + \theta \right) / \Delta\theta. \quad (3)$$

2) 探测器离轴沿飞行方向上存在偏差 $\alpha = 0$:

$$\Delta n_{\text{scan}} = \left(\arctan \left(\frac{-\sin\theta * \cos\beta + \sin\theta \cos\theta \sin\beta}{\cos\theta \cos\beta + \sin^2\theta \sin\beta} \right) + \theta \right) / \Delta\theta, \quad (4)$$

$$\Delta n_{\text{along}} = \left(\arctan \left(\frac{\cos\theta * \sin\beta}{\cos\theta \cos\beta + \sin^2\theta \sin\beta} \right) \right) / \Delta\theta. \quad (5)$$

3) $\varphi \neq 45, \varphi = 45 + \Delta\varphi$, 主要对飞行方向产生影响:

$$\Delta n_{\text{along}} = \arctan(\tan 2\Delta\varphi / \cos\theta) / \Delta\theta. \quad (6)$$

4) 扫描星下点时, 扫描角度由 θ 变为 θ' , $\theta' = \sigma + \theta$, 主要对扫描方向产生影响:

$$\Delta n_{\text{scan}} = -\sigma / \Delta\theta. \quad (7)$$

5) 扫描时间(时间偏差 Δt , 扫描周期 T), 主要对飞行方向产生影响:

$$\Delta n_{\text{along}} = \Delta t / T. \quad (8)$$

2 实例分析

2.1 图像定位偏差规律

将 IRAS HDF 图像根据经纬度信息采用 miller 投影映射到全球经纬网格, 统计 FY-3A IRAS 获取的 UTC 时间 2008 年 7 月 14、15 日, 8 月 8 日至 8 月 15 日所有通道的整轨图像, 得到图像定位结果出现的偏差一致且固定, 选择 7 月 14 日 9 点 44 分第 8

通道的部分图像显示如图 1 所示(左边为原始整轨图像, 右边为原始整轨图像中的黑框部分经放大至一个像元大小的图像).

定位偏差现象: 图像的海陆分界线相对世界地理底图上的海陆分界线(图中黑色曲线)沿卫星前进方向偏移一行; 沿扫描负方向(卫星前进方向左侧)偏移一列; 图像无明显绕星下点旋转的现象.

2.2 红外分光计扫描参数^[3,5]

红外分光计是一种垂直探测仪器, 提供全球温度、湿度廓线, 仪器采用 45° 镜单元步进扫描方式, 其扫描参数见表 1.

2.3 定位校正分析

由于图像无明显旋转现象, 因此根据式(2)~式(8)可排除修正探测器往扫描方向上偏离的参数, 即可略过式(2)和式(3)的分析计算, 给出其它参数的偏离结果.

根据表 1, 取 $\Delta\theta = 0.0314\text{rad}$, 扫描角 θ 范围为 $-49.5^\circ \sim 49.5^\circ$, 采样点号 $i: 1 \sim 56$; 令偏离量都为 $m * \Delta\theta$, m 为偏离的瞬时视场个数, m 取不同值时式(4)~式(6)取值情况分别见图 2~图 4.

同时, 由式(7)可知, 与扫描平面存在一定夹角 σ 时, 可得在 Y 轴正方向上, 偏离一个像元需要将扫描角度偏移 $-\Delta\theta$, 即往 Y 轴正方向偏移 1.8° ; 由式(8)得, 在时间上减少一个扫描周期可将图像往卫星前进的反方向平移一个扫描行.

从以上分析可得:

(1) 修正探测器 Z 方向分量($m = -1$)能改变卫星沿轨偏移一行的现象, 但在扫描方向上将会产生图像往外扩展的现象, 且星下点与边缘改变的不一致;

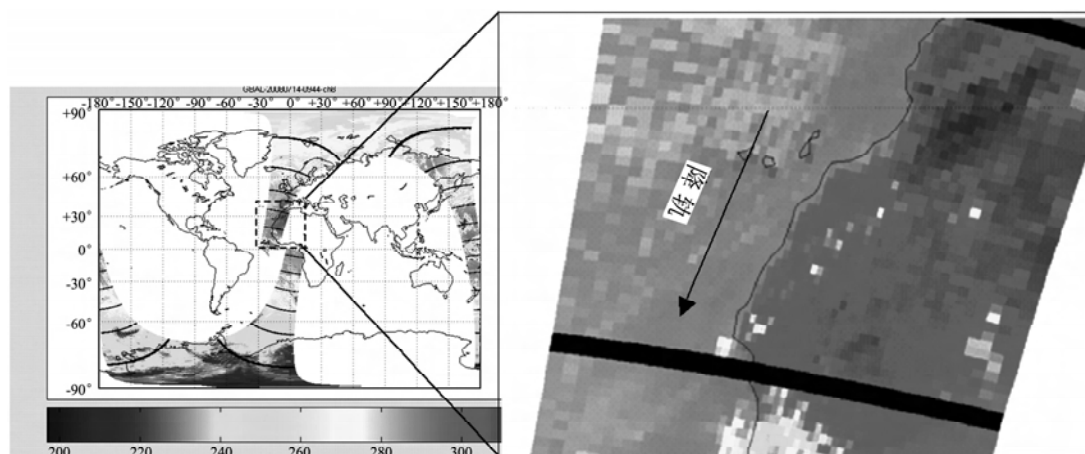


图 1 定位结果存在偏差的 IRAS 图像(UTC:2008-7-14T09:44)

Fig. 1 IRAS image for which the geolocation has deviation

表 1 红外分光计的扫描参数

Table 1 Scanning parameters of IRAS

卫星高度	通道数	星下点像元分辨率	每行像元数	扫描视角间隔	瞬时视场	扫描范围	扫描周期
830km	26	17km	56	1.8°	1.18°	-49.5° ~ 49.5°	6.4s

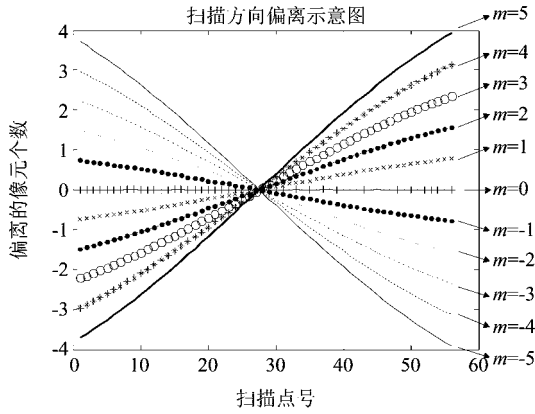


图 2 $\alpha = 0$ 时,扫描方向偏离的像元个数
Fig.2 Pixel numbers of deviation in the along-scan direction when $\alpha = 0$

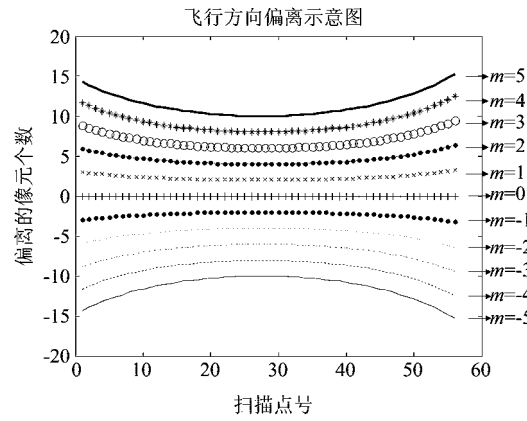


图 4 $\varphi = 45 + \Delta\varphi$ 时,飞行方向偏离的像元个数
Fig.4 Pixel numbers of deviation in the along-track direction when $\varphi = 45 + \Delta\varphi$

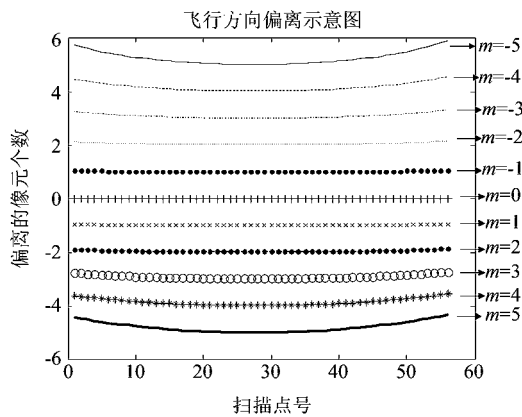


图 3 $\alpha = 0$ 时,飞行方向偏离的像元个数
Fig.3 Pixel numbers of deviation in the along-track direction when $\alpha = 0$

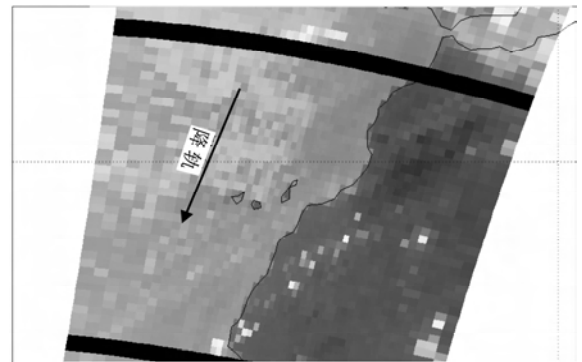


图 5 校正后的 IRAS 图像
Fig.5 Geocorrected IRAS image

(2) 改变 45°扫描镜与扫描平面夹角能改变飞行方向上的偏移,但参数修正将会引起边缘定位结果的偏移是星下点的两倍;

(3) 改变星下点扫描时 45°扫描镜与轨道平面夹角,能改变扫描方向上一个像元的偏差;

(4) 改变扫描时间能校正扫描行平移的情况.

2.4 定位校正方案及校正结果

基于上一节分析可知,对于 IRAS 两个方向的偏差规律,改变一个参数不能达到纠正目的,需要扫描角度和扫描时间两个参数的组合修正,方案如下:

(1) 将毫秒计数提前一个扫描周期,纠正 IRAS 图像沿卫星前进方向一行的偏移;

(2) 将扫描角度往扫描正方向偏移一个步进角,纠正 IRAS 图像沿扫描负方向一系列的偏移.

将参数调整的偏移量代入定位模型,用于所有参与统计的图像,校正结果如图 5 所示.从图可看出,图像中明显的海陆边界与地理底图的海陆边界线完全套合,校正效果很好,图像的海陆边界线和世界底图黑线的密合程度代表定位计算精度,定位校正后定位精度达到了一个像元,说明提出的修改方案可行.因该方案能校正所有参与统计的图像,由此可得出,IRAS 的毫秒计数与星上 GPS 计时相差一个扫描周期,星下点指向角较理想情况往扫描负方

向偏移了一个瞬时视场角大小,扫描角度范围变为 $-51.3^\circ \sim 47.7^\circ$ 。

3 结论

扫描参数校正模型应用结果的统计分析表明,引起 IRAS 扫描行的偏移是由毫秒计数的偏差导致,扫描方向上像元的偏移是由像元扫描角度的偏差引起的,因此同时修改毫秒计数和扫描角度两个参数解决了 IRAS 图像的定位偏差问题.本文提出的解决方案已放入红外分光计预处理系统,所提的分析思路可为其它同类型遥感器出现类似情况时提供参考.

REFERENCES

[1] Rosborough G W, Baldwin D, Emery W. Precise AVHRR

image navigation[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 1994, **32**(3):644—657.

[2] Alexanin A I, Katamanov S N, Epstein Y S. Problems of accurate automatic navigation of NOAA/AVHRR and FY-1D satellite images[C]. In 31st International Symposium on Remote Sensing of Environment (31st ISRSE), Global Monitoring for Sustainability and Security, Saint Petersburg, RF, June 20-24, 2005.

[3] Dong Yao-Hai, SUN Yun-Zhu, WANG Jin-Hua, et al. FY-3A polar meteorological satellite[J]. *AEROSPACE SHANGHAI*(董瑶海,孙允珠,王金华,等. FY-3A 极轨气象卫星. *上海航天*), 2008, **25**(5).

[4] CHEN Hai-Yan, YIN Qiu, Hu Yong, et al. Study on the effect of scanning parameter deviation on geolocation of line scanning optical sensor images. (陈海燕,尹球,胡勇,等. 行扫描光学遥感器扫描参数对遥感图像定位结果影响模型研究. *上海航天*), 已录用.

[5] Report of FY-3 satellite infrared spectral radiometer design [R]. (FY-3 卫星红外分光计设计报告,中国科学院上海技术物理研究所), 2006. 1.

~~~~~

(上接 272 页)

### REFERENCES

[1] Mahulikar S P, Sonawane H R, Rao G A. Infrared signature studies of aerospace vehicles[J]. *Progress in Aerospace Sciences*, 2007, **43**(7-8):218—245.

[2] Han S H, Baek S W, Kim M Y. Transient radiative heating characteristics of slabs in a walking beam type reheating furnace[J]. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2009, **52**(3-4):1005—1011.

[3] WU Wen-Ming, CHENG Lai-Fei, ZHANG Li-Tong, et al. Investigation on thermal radiation properties of C/SiC composites[J]. *Journal of Solid Rocket Technology*(武文明,成来飞,张立同,等. C/SiC 复合材料热辐射性能研究. *固体火箭技术*), 2005, **28**(4):303—307.

[4] HUANG Yong, XIA Xin-Lin, TAN He-Ping, et al. Apparent spectral emissivity properties of a semi-transparent layer medium with a sine-shape surface[J]. *Infrared Millim Waves*(黄勇,夏新林,谈和平,等. 具有镜反射正弦表面的半透明介质层表观光谱发射特性. *红外与毫米波学报*), 1999, **18**(4):276—282.

[5] Raman R, Thakur A. Thermal emissivity of materials[J]. *Applied Energy*, 1982, **12**(3):205—220.

[6] Le Dez V, Lallemand M. Thermal emission of axisymmetric bodies of semi-transparent materials[J]. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 1992, **47**(5):345—352.

[7] Xia X L, Huang Y, Tan H P. Thermal emission and volumetric absorption of a graded index semitransparent medium layer[J]. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 2002, **74**(2):235—248.

[8] Li B X, Yu X J, Liu L H. Backward Monte Carlo simulation for apparent directional emissivity of non-isothermal semitransparent slab[J]. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 2005, **91**(2):173—179.

[9] TAN He-Ping, XIA Xin-Lin, LIU Lin-Hua, et al. Numerical calculation of infrared radiative transfer[M]. Harbin: Press of Harbin Institute of Technology(谈和平,夏新林,刘林华,等. *红外辐射特性与传输的数值计算*. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社), 2006:157—163.

[10] Siegel R. Transient thermal analysis of parallel translucent layers by using Green's function[J]. *Journal of Thermophysics and Heat Transfer*, 1999, **13**(1):10—17.

[11] Lee S C, White S, Grzesik J. Effect of particle size in composite material on radiative properties[C]. In AIAA 28<sup>th</sup> Thermophysics Conference. Orlando, FL, 1993, 1993—2729.

[12] DU Sheng-Hua, XIA Xin-Lin. Apparent thermal emission of high temperature ceramics submitted to aerodynamic heating[J]. *Journal of Engineering Thermophysics*(杜胜华,夏新林. 气动加热下高温陶瓷材料的表观辐射特性. *工程热物理学报*), 2008, **29**(8):1383—1385.