

文章编号: 1006-4354 (2012) 06-0039-02

# 基于 HJ-1B 热红外数据的单通道地表温度反演

董金芳

(陕西省农业遥感信息中心, 西安 710014)

**摘 要:** 用 Jimenez-Mufloz 和 Sobrino 提出的普适性单通道算法对环境减灾卫星获取的热红外数据进行地表温度反演, 应用 MODIS 数据获取所需要的大气水分含量, 应用小卫星自身的 CCD 影像数据进行地表比辐射率估算, 获取所需要地表比辐射率。结果表明, HJ-1B 热红外遥感数据完全可以满足定量化应用需要, 具有很大的应用潜力。

**关键词:** 环境减灾小卫星; 地表温度; 单通道算法;

**中图分类号:** TP236

**文献标识码:** B

## 1 HJ-1B 遥感数据地表温度反演算法介绍

### 1.1 普适性单通道算法

Jimenez-Mufloz 和 Sobrino 等于 2003 年提出了一个普适性单通道算法反演地表温度<sup>[1]</sup>, 与其他单通道方法相比, 该方法不需要太多实时资料, 且适用于不同的传感器。公式为

$$T_s = r [s^{-1} (y_1 L_{\text{sensor}} + y_2) + y_3] + Q. \quad (1)$$

其中,  $r = 1 / \{c_2 L_{\text{sensor}} [\lambda^4 \cdot L_{\text{sensor}} / c_1 + \lambda^{-1}] / T_{\text{sensor}}^2\}$ ,  $Q = -r L_{\text{sensor}} + T_{\text{sensor}}$ 。

$T_s$  为地表温度反演结果,  $L_{\text{sensor}}$  为传感器接收到的热辐射亮度, 单位是  $\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ,  $s$  为地表比辐射率。 $T_{\text{sensor}}$  是传感器的亮度温度, 单位是 K,  $\lambda$  为有效波长, 单位是  $\mu\text{m}$ 。 $c_1 = 1.191 04 \cdot 10^8 \text{ Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^4$ ,  $c_2 = 14 387.7 \mu\text{mK}$ ,  $y_1$ 、 $y_2$ 、 $y_3$  是大气水分含量  $w$  的大气函数, 可根据以下公式计算

$$y_k = h_k w^3 + f_k w^2 + x_k w + g_k. \quad (k=1, 2, 3) \quad (2)$$

对于  $y_1$

$$h_1 = 0.000 9\lambda^3 - 0.016 38\lambda^2 + 0.047 45\lambda + 0.274 36$$

$$f_1 = 0.000 32\lambda^3 - 0.061 48\lambda^2 + 1.202 1\lambda - 6.205 1$$

$$x_1 = 0.009 86\lambda^3 + 0.236 72\lambda^2 + 1.713 3\lambda - 3.219 9$$

$$g_1 = -0.154 31\lambda^3 + 5.275 7\lambda^2 - 60.117\lambda + 229.313 9。$$

对于  $y_2$

$$h_2 = -0.028 83\lambda^3 + 0.871 8\lambda^2 - 8.827 12\lambda + 29.909 2$$

$$f_2 = 0.135 15\lambda^3 - 4.117 1\lambda^2 + 41.829 5\lambda - 142.278 2$$

$$x_2 = -0.227 65\lambda^3 + 6.860 6\lambda^2 - 69.255 7\lambda + 233.072 2$$

$$g_2 = -0.418 68\lambda^3 - 14.329 9\lambda^2 + 163.668\lambda - 623.53。$$

对于  $y_3$

$$h_3 = -0.001 82\lambda^3 - 0.045 19\lambda^2 + 0.326 52\lambda - 0.600 3$$

$$f_3 = -0.007 44\lambda^3 - 0.114 31\lambda^2 + 0.175 6\lambda - 5.458 8$$

$$x_3 = -0.002 69\lambda^3 + 0.313 95\lambda^2 - 5.591 6\lambda + 27.991 3$$

$$g_3 = -0.079 72\lambda^3 + 2.839 6\lambda^2 - 33.684 3\lambda + 132.979 8。$$

波长  $\lambda$  取 HJ-1B 热红外波段的中心波长  $11.511 \mu\text{m}$ 。

### 1.2 普适性单通道算法各中间参数的计算

#### 1.2.1 辐射强度和亮度温度 计算亮度温度, 先

收稿日期: 2012-03-13

作者简介: 董金芳 (1984—), 女, 汉族, 河北滦县人, 硕士, 工程师, 从事生态环境遥感分析工作。

将遥感影像 DN 值转换成相应的辐射强度值, 然后根据 Planck 函数求解亮温。

IRMSS 热红外波段的辐射强度值计算公式为  

$$L_{\text{sensor}} = \text{scale} \cdot (\text{band} - \text{offset}). \quad (3)$$

式中  $L_{\text{sensor}}$  为 IRMSS 热红外波段的热辐射强度 ( $\text{Wm}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$ ); band 为 DN 值; scale 和 offset 为辐射定标常量, 根据中国资源卫星应用中心发布的最新的 HJ-1B 星绝对辐射定标系数取  $\text{scale} = 1/12.625$ ,  $\text{offset} = 56.277$ 。

计算得到图像的热辐射强度之后, 便可用 Planck 函数求解出星上亮度温度<sup>[2]</sup>。亮温计算公式为

$$T_{\text{sensor}} = K_1 / \ln(1 + K_2 / L_{\text{sensor}}). \quad (4)$$

式中  $K_1 = 1\,256.567\,686$ ,  $K_2 = 605.204\,057\,2$ 。

1.2.2 大气水汽含量 大气水汽含量可通过 MODIS 第 2 和 19 波段来反演, 大气水汽含量的计算公式<sup>[3]</sup>

$$\omega = (a - \ln(L_{\text{sensor}19} / L_{\text{sensor}2})) / b)^2. \quad (5)$$

式中,  $\omega$  是大气水分含量 ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ),  $a = 0.02$ ,  $b = 0.651$ ,  $L_{\text{sensor}19}$ 、 $L_{\text{sensor}2}$  可由公式 (3) 求解得到。

1.2.3 地表比辐射率计算 通过地面试验, Van De Griend 发现地表比辐射率与  $I_{\text{NDV}}$  (归一化植被指数) 有很强的相关性, 相关系数为 0.941<sup>[4]</sup>。可以由  $I_{\text{NDV}}$  来近似计算地表比辐射率, 方程为

$$s = 1.009\,4 + 0.004\,7 \cdot \ln(I_{\text{NDV}}). \quad (6)$$

对于环境小卫星 HJ-1B 图像而言,  $I_{\text{NDV}}$  由下式计算

$$I_{\text{NDV}} = (p_{\text{nir}} - p_{\text{red}}) / (p_{\text{nir}} + p_{\text{red}}). \quad (7)$$

式中  $p_{\text{red}}$  和  $p_{\text{nir}}$  分别是 HJ-1B 卫星 CCD 图像的第 3 和 4 波段的 DN 值。

## 2 HJ-1B 热红外数据地表温度反演应用实例

选取 2012 年 5 月 30 日的环境小卫星 HJ-1B 热红外数据, 利用普适性单通道算法进行温度反演, 得到了西安市的地表温度分布图 (图 1)。由图可以看到温度高的地区主要分布在西安市市区为  $30^\circ\text{C}$  左右, 温度低的地区主要分布于秦岭山区为  $16^\circ\text{C}$  左右。在平原地区, 受植被覆

盖度以及城市热岛效应的影响, 城区温度要明显高于周边耕地区域, 在山区温度则主要随着海拔的升高而降低, 山谷温度较高, 山顶温度较低。由于植被覆盖度的影响, 山区总体温度明显低于平原地区。



图 1 HJ-1B 卫星地表温度反演结果

## 3 结语

以西安市为例对环境小卫星 HJ-1-B 星热红外数据进行温度反演, 反演结果图清晰的显示了西安市地表温度场的空间分布, 并且符合温度变化的规律。单通道算法可以较好地应用于环境小卫星数据的温度反演, 其结果可以在农业生产、城市热岛等多种监测业务上应用, 弥补了气象站点太少、地面观测数据插值误差较大等的不足, 具有明显的现实意义和优势。

### 参考文献:

- [1] Jimenez-Mufloz J C, Sobrino J A. A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data [J]. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108 (D22): 4688-4695.
- [2] 孙家柄. 遥感原理与应用 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002: 4-5.
- [3] 毛克彪, 覃志豪. 用 MODIS 影像反演环渤海地区的大气水汽含量 [J]. *遥感信息*, 2004 (4): 47-49
- [4] Van De Griend A A, Owe M. On the relationship between thermal emissivity and the normalized difference vegetation index for natural surface [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, 14 (6): 1119-1131.