

基于 NOAA 卫星图像信息的大气校正方法研究

李金萍, 何月顺, 余 英
(东华理工大学软件学院, 江西 南昌 330013)

摘 要:给出一种基于 NOAA 卫星图像信息的大气辐射校正方法。选用实测的海陆边界表面大气水汽压 e_D , 并合理选择海陆分界表面物体的发射率 ε , 利用图像信息对大气的影响进行校正。由于采用同一时刻、同一条件下的自身大气辐射信息, 该方法具有时效性。对 NOAA 卫星图像中海陆边界不同区域的反演结果表明: 该方法校正效果明显、操作简单且实用性强。

关键词:自身信息; 大气校正; 反演

中图分类号: TP721 **文献标识码:** A

An Introduction to a Self-consistency Information Applied Atmospheric Correction for NOAA Satellite

LI Jin-ping, HE Yue-shun, YU Ying
(East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China)

Abstract: A method of introducing a self-consistency information applied atmospheric correction for NOAA satellite is presented. Choose the atmosphere hydraulic pressure and the emissivity of the boundary of sea and land. Then it is corrected by using this method. The fact that derived from study of the boundary of sea and land bear out that the correction method has evident effect and operate simply. Because the self-consistency atmospheric radiant information is adopted at the same time and condition, this method has important actual efficiency.

Key words: self-consistency information; atmospheric correction; inversion

1 引 言

地表温度是地球能量和水平衡最重要的环境参数之一^[1]。在很多应用中, 特别在军事、环境、气候和农业气象的研究中, 需要精确的地表温度数值。我们知道地表由以下几部分组成: 海表面、陆表面、海陆分界面。目前, 利用卫星资料海面温度以及陆地温度参数反演已经取得了非常可喜的结果^[2]。但是, 把海面和陆面组合并整体利用同一种模型来反演大陆海岸线的参数目前还没有见到良好的解决办法。对海陆分界面, 大气状态和地物发射率对温度的反演是主要影响; 此外, 温度反演结果需要野外试验与卫星测量同步检验。然而, 时至今日, 还缺少海陆分界表面温度的优质测量资料, 其关键在于难以同步。为此, 已经发表的文章几乎都集中在理论处理, 或者使用大气辐射传输模型仿真推导分窗口

算法的反演公式上。因此, 推导海陆分界面温度反演的实用方法成为卫星图像反演的一个关键问题。我们在这方面做了一些工作, 得到了比较理想的海陆边界的反演温度。

本文利用 NOAA 卫星图像, 从同一幅图像中提取出大气辐射影响的信息, 对图像进行大气辐射校正, 校正的过程中选用的是实测海陆边界表面大气水汽压 e_D , 并合理选择海陆分界表面物体的发射率 ε 。这种基于 NOAA 卫星图像信息的大气校正方法, 校正效果明显, 操作简单且实用性强。

基金项目: 江西省数字国土重点实验室开放基金研究项目 (DLJ200610)。

作者简介: 李金萍 (1972 -), 女, 讲师, 硕士, 主要从事卫星图像遥感, 目标特征的提取与识别, 数字图像处理, 计算机技术等研究。
E-mail: huifangmu@126.com

收稿日期: 2007-10-06

2 遥感亮温反演理论基础

从 AVHRR 数字信息获取的 4(CH4) 和 5(CH5) 通道的计算值 D (灰度) 计算出相应的辐射亮度值 L :

$$L = S \times D + I \quad (1)$$

式中, S 和 I 是该通道传感器的标定系数。

由传感器接收的辐射亮度值 L 和黑体辐射公式^[6] 求出传感器的亮度温度 T :

$$L = \frac{c_1 \times v^3}{e^{c_2 \times v/T} - 1} \quad (2)$$

$$T = \frac{c_2 \times v}{\ln(1 + \frac{c_1 \times v^3}{L})} \quad (3)$$

其中, $c_1 = 1.190659 \times 10^{-5} (\text{W} \cdot \text{cm})$, $c_2 = 1.438833 (\text{cm} \cdot \text{K})$ 为常数。 v 为波数 (cm^{-1})。

如果采用公式(2), 求取的只是单一波长辐射亮度, 我们知道每一个通道都有一定的带宽, 为了使反演亮温更接近真实温度, 减小误差, 我们对公式(2)作如下处理:

$$L = \sum_{i=1}^n B(v_i, T) \phi(v_i) \Delta v \quad (4)$$

式中, $B(v_i, T)$ 为普朗克函数; v_i 为波数; $\phi(v_i)$ 为光谱通道归一化响应函数; Δv 为波数间隔; n 为波数间隔数目。

3 利用图像自身大气信息进行大气校正

为了消除大气辐射的影响, 使由传感器接收的辐射亮度直接反演出的目标亮温 T 更加接近于目标的真实温度, 我们从 $L = \epsilon B(T) \tau + L_{\text{atm}}$ 出发, 把 T 作为已知的温度, 反过来求大气的辐射量部分。其中 L 为传感器接收的总辐射亮度, L_{atm} 为大气辐射的贡献。 T 代入式(4)后, 可以得到两组关于通道 4 和 5 的 $L_{\text{atm}4}$ 和 $L_{\text{atm}5}$ 值, 分别和图像像素点的辐射量相对应。为了使计算简化, 我们在小范围模型研究中分别对 $L_{\text{atm}4}$ 和 $L_{\text{atm}5}$ 取平均值, 附加到 L 上, 进行自身大气校正。此时关键应考虑辐射率 ϵ 的求取和大气透过率 τ_0 的值。

3.1 辐射率 ϵ 的选取

地表覆盖类型一般可以分为 6 大类: 岩石、土壤、植被、水体、冰和雪。根据 Salisbury J. W. 等人实验室垂直条件下比辐射率测量数据分析可知, 在 $10.5 \sim 12.5 \mu\text{m}$ 波段范围内除少量岩石类型外, 比辐射率变化缓慢。柳钦火等人计算并总结了 AVHRR 第 4、第 5 通道相对应的地表比辐射率的平均值及其每一类型内地物比辐射率的起伏度(标准差)及两通道比辐射率的差值表格^[7], 如表 1 所示。取海水比辐射率 ϵ 和陆地覆盖物比辐射率 ϵ 二者的平均值作为海陆边界的比辐射率 ϵ 。

表 1 常见地物比辐射率表

地表类型	地物名称	$\epsilon_4(10.5 \sim 11.5 \mu\text{m})$	$\epsilon_5(11.5 \sim 12.5 \mu\text{m})$	$\epsilon_5 - \epsilon_4$
岩石	平均	0.947	0.962	0.0175
	均方差	0.017	0.106	0.0099
土壤	平均	0.968	0.973	0.007
	均方差	0.0054	0.0033	0.0028
植被	平均	0.957	0.960	0.0026
	均方差	0.019	0.021	0.0035
海水		0.99	0.985	-0.005
海冰	平滑	0.977	0.973	0.004
	粗糙	0.984	0.970	-0.006
雪		0.997	0.996	-0.001

3.2 大气透过率 τ_0 的求取

在 $8 \sim 13 \mu\text{m}$ 大气红外窗区, 大气衰减主要来自水汽的吸收, 这种吸收由窗区内的水汽谱线吸收和窗区外水汽连续吸收谱伸向窗区内的边翼两部分组成, 研究表明后者比前者的吸收强得多^[8]。在这种情况下, 吸收随波长的变化是缓慢的, 具有一定的带宽的低分辨率的大气透过率函数 τ_a 与吸收物质的等效含量 W^* 服从指数关系^[9]:

$$\tau_a = \exp(1 - C_\lambda W^*) \quad (5)$$

水汽吸收的强弱决定于它在整层大气中的含量, 因此, 选用一种直接利用目标大气参数测量值计算大气透过率 τ_0 的方法就显得尤为重要和实用。为此, 我们选用如下两个经验公式^[10] 来计算大气透过率:

$$W = 0.0502 + 0.6115 \times e_D \quad (6)$$

$$\tau_0 = \exp(A_0 + A_1 W + A_2 W^2) \quad (7)$$

其中, e_D 为所反演的表面大气水汽压; 对于 4 通道 $A_0 = -0.011, A_1 = -0.043, A_2 = -0.0222$; 对于 5 通道 $A_0 = -0.011, A_1 = -0.031, A_2 = -0.0388$ 。

4 校正结果与讨论

为了检验这种方法大气校正的效果, 我们选取了 NOAA 卫星图像中既有海域又有陆地的一块区域进行检验, 其校正步骤按图 1 所列流程进行。

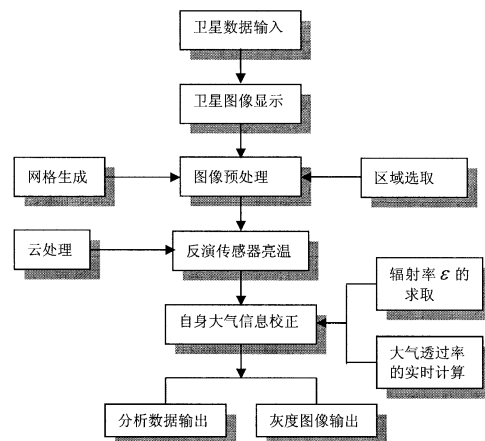


图 1 卫星图像校正流程图

表 2 给出了利用上述校正流程图对所选取的 101 像素 $\times$ 104 像素海陆边界区域 10504 个像素点反演的结果。

表 2 程序运行的数据结果

	卫星原始图像 目标结果	除云后 目标结果	除云后自身大气 校正目标结果
4 通道亮温 平均值/K	285.4	287.3	291.0
4 通道亮温 平均值/K	286.5	288.7	291.8
4,5 亮温差 平均值/K	1.24	1.53	0.81
方差		1.14	0.24
均方差		1.07	0.49

结果表明:①通道 4 和通道 5 除云影响和大气校正后的亮温值较原图像亮温值均有所提高,这是因为大气中的各成分对海陆边界辐射的影响。由于大气的吸收影响,海陆边界的辐射量只有部分透过大气到达星载辐射计,其余部分则被水汽、二氧化碳、一氧化碳、甲烷等气体吸收。由于大气的辐射贡献通常低于被削弱的量,所以用卫星辐射值反演的等效辐射温度(亮温)通常低于实际的海陆边界温度。因此,校正后亮温应当有所增加,这和理论分析是一致的。②通道 4 和通道 5 大气校正较除云的方差和均方差数据均有所减小,说明所反演的亮温起伏在减小,相应的反演的亮温误差也将有所减小,换言之,反演的亮温精度将有所提高。

为了更直观地反映这种方法的时效性,我们分别给出 NOAA 卫星图像 101 行、104 列通道 4 和通道 5 相同区域大气校正后的结果,如图 2、3 所示。

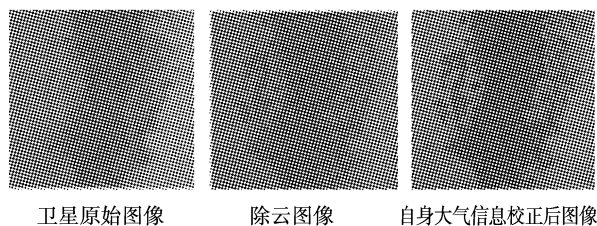


图 2 通道 4 图像的校正结果

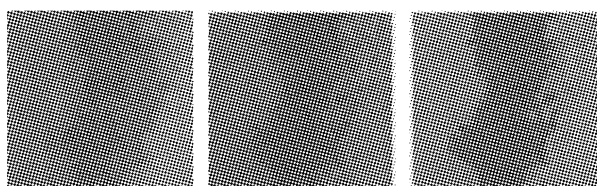


图 3 通道 5 图像的校正结果

上述利用自身大气校正后的图像表明:用该方法校正后的图像具有较清晰的边界,说明了对大气

校正的效果比较好。由于采用了同一时刻、同一图像上所获得的大气信息对图像进行大气校正,因此这种方法具有很强的实用性,校正是正确的,效果也是明显的。

5 结论

采用多个红外通道对海面或陆面目标参数的反演有较高精度,但对海陆边界温度的反演仍然有许多需要解决的问题。本文研发的基于 NOAA 卫星图像信息的大气校正法是一种简单可行的方法。

由于海陆边界特征比较复杂,辐射率 ε 的取值对反演结果会影响很大, ε 的选取是海陆边界温度反演的一个关键因素。通过对表 1 的分析, ε 从海面到陆面呈递减趋势,因此为了使反演的海陆边界温度更接近于真实值, ε 取海面和陆面值的平均值;求取大气透过率 τ_0 ,本文采用的是利用海陆边界大气实测参数 e_D ,直接计算海陆边界温度卫星遥感红外窗区通道的垂直大气透过率 τ_0 的方法。由于大气辐射 L_{atm} 值是来自图像自身,因此,本方法简便、效果较好,并具有良好的实用性。

参考文献:

- [1] Janssen M. Modeling global change - the art of integrated assessment modeling[M]. Edward: Elgar Publishing Limited, 1998.
- [2] Deschamps P Y, Phulpin T. Atmospheric correction of infrared measurements of seasurface temperature using channels at 3.7, 11 and 12 μm [J]. Boundary-layer Meteorology, 1980, 18: 131 - 143.
- [3] McClain E P, Pichel W G, Walton C C, et al. Multichannel improvements to satellite-derived global sea surface temperatures[J]. Adv. Space Res., 1983, 2: 43 - 47.
- [4] Strong A E, McClain E P. Improved ocean surface temperatures from space-comparisons with drifting buoy[J]. Bull. Amer Meteorol. Soc., 1984, 65: 139 - 142.
- [5] Barton I J. Satellite-derived sea surface temperatures-a comparison between operational, theoretical and experimental algorithms[J]. Journal of Applied Meteorology, 1992, 31: 432 - 442.
- [6] 陈渭民. 卫星气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [7] 柳钦火, 徐希孺, 陈家宜. 遥测地表温度与比辐射率的迭代反演方法[J]. 遥感学报, 1998, (1), 19.
- [8] 上海市红外物理与技术译丛编辑组. 红外大气传输的研究[M]. 上海: 上海科技情报所, 1975, 25 - 35.
- [9] 中国科学院大气物研究所. 气象卫星的红外遥测与反演(二)[M]. 北京: 科学出版社, 1979, 99 - 104.
- [10] 莫秦生. 由海面大气参数直接计算大气红外窗区透过率[J]. 红外研究, 1996, 5(4): 247 - 256.