

Land Surface Temperature Retrieval from FY-3D MERSI-2 Data in the Arid/Semi-Arid Area

Jinxiong Jiang, Mingshi Wang, Shiyao Ju, Jiaju Xi

Space Star Technology Co. LTD., Beijing
Email: xiongxiong2008_0@163.com

Received: Jul. 22nd, 2019; accepted: Aug. 1st, 2019; published: Aug. 9th, 2019

Abstract

This paper uses an improved Generalized Split-Window (GSW) algorithm to retrieve the land surface temperature (LST) in the arid/semi-arid areas from the data acquired by Medium Resolution Spectral Imager II (MERSI-2) on FengYun 3D (FY-3D). The coefficients in the GSW algorithm corresponding to a series of ranges for the mean emissivity(ε), the atmospheric Water Vapor Content (WVC), and the land surface temperature LST are derived using a robust regression method from the space-time representative numerical values simulated with an accurate MODTRAN 5.2 and Thermodynamic Initial Guess Retrieval database (TIGR2311). At last, 2448 simulative validation data are obtained by MODTRAN5.2, using tropical profilers, mid-latitude summer profilers and band emissivity of measured soil samples as input parameters, to verify the accuracy of the algorithm. The results show that the improved GSW algorithm has high accuracy when the observation angle is not more than 30° in the arid and semi-arid areas.

Keywords

FY-3D/MERSI-2, Land Surface Temperature, Generalized Split-Window Algorithm, Arid/Semi-Arid

基于FY-3D MERSI-2数据的干旱/半干旱地区地表温度反演

蒋金雄, 王铭实, 鞠诗尧, 席家驹

航天恒星科技有限公司, 北京
Email: xiongxiong2008_0@163.com

收稿日期: 2019年7月22日; 录用日期: 2019年8月1日; 发布日期: 2019年8月9日

文章引用: 蒋金雄, 王铭实, 鞠诗尧, 席家驹. 基于 FY-3D MERSI-2 数据的干旱/半干旱地区地表温度反演[J]. 地球科学前沿, 2019, 9(8): 693-702. DOI: 10.12677/ag.2019.98074

摘要

本文将一种改进的广义分裂窗算法(GSW)用于风云三号D星(FY-3D)中分辨率光谱成像仪II (MERSI-2)数据反演干旱/半干旱地区地表温度。通过MODTRAN5.2和大气廓线数数据TIGR2311 (Thermodynamic Initial Guess Retrieval database)进行辐射传输模拟建立时空代表性的模拟数据库,然后使用稳健回归方法建立不同热红外波段平均发射率(ε),大气水汽含量(WVC)以及地表温度(LST)区间的GSW算法系数查找表。最后使用热带廓线、中纬度夏季廓线和实测的土壤样本波段发射率作为输入模拟得到2448个验证数据,对算法进行了精度验证。表明改进的GSW算法在干旱、半干旱地区,观测角度不大于30°的时候,反演精度高。

关键词

FY-3D/MERSI-2, 地表温度, 广义分裂窗算法, 干旱/半干旱

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地表温度(Land Surface Temperature, LST)是地表物理过程的关键参数,在地表与大气相互作用以及大气和陆地之间能量交换的过程中起着重要作用,准确获取地表温度对气象、水文、生态、全球变化等众多研究领域具有重要的意义[1][2]。但地表温度是时空变化非常大的一个物理量,传统的地面站点观测难以满足其应用要求,因此使用卫星遥感数据在区域或全球范围内长时间的监测地表温度分布及其变化成为研究热点。为了获取更为准确的LST,研究者们提出了大量的算法。而主要的三类算法,分别是单波段算法[3][4][5][6]、分裂窗算法(Split-window algorithm, SW)[7][8][9][10][11]和温度与发射率分离算法(Temperature emissivity separation method, TES)[12][13][14]。分裂窗算法是利用大气窗口10.5~12.5 μm内两个相邻波段(中心为~11 μm 和~12 μm)的大气吸收特性不同(尤其对大气水汽),通过对这两个波段亮温的某种组合来剔除大气影响。MODIS 地表温度产品官方算法广义分裂窗算法(generalized split-window, GSW)[7][15]是分裂窗算法中用于产品业务化生产且验证较多的算法之一。

中分辨率光谱成像仪 II (MERSI-2)为我国2017年11月发射的风云三号 D 星(FY-3D)上搭载的核心仪器之一,整合了原有风云三号卫星两台成像仪器(MERSI-1 和 VIRR)的功能,能够对大气、陆地、海洋进行连续综合观测,实现云特性、气溶胶、陆地表面特性、海洋水色、低层水汽等地球物理要素的高精度定量遥感反演[16][17]。

MERSI-2 红外波段由 VIRR 的3个红外窗口升级到5个(表1),它是世界上首台能够获取全球250米分辨率红外分裂窗区资料的成像仪器。MERSI-2 热红外分裂窗波段第24和25波段与 MODIS 分裂窗波段光谱响应对比图(图1)。从图中可以看出,两者响应函数存在一定区别,因此本文旨在分析用改进的GSW 算法反演 MERSI-2 干旱/半干旱地区地表温度的精度。首先使用了 MODTRAN5.2 和大气廓线数数据 TIGR2311 [18]来进行辐射传输模拟,获得从 MERSI-2 数据中反演 LST 的广义分裂窗算法系数,然后使用模拟数据对算法精度进行验证。

Table 1. Technical parameters of MERSI-2 infrared band
表 1. 红外波段技术参数

波段	中心波长	光谱带宽	空间分辨率	噪声等效温差	动态范围
	(微米)	(nm)	(米)	SNR NEAT(K)	(最大温度 K)
20	3.8	180	1000 m	0.25 K	200~350 k
21	4.050	155	1000 m	0.25 K	200~380 k
22	7.2	500	1000 m	0.30 K	180~270 k
23	8.550	300	1000 m	0.25 K	180~300 k
24	10.8	1000	250 m	0.4 K	180~330 k
25	12.0	1000	250 m	0.4 K	180~330 k

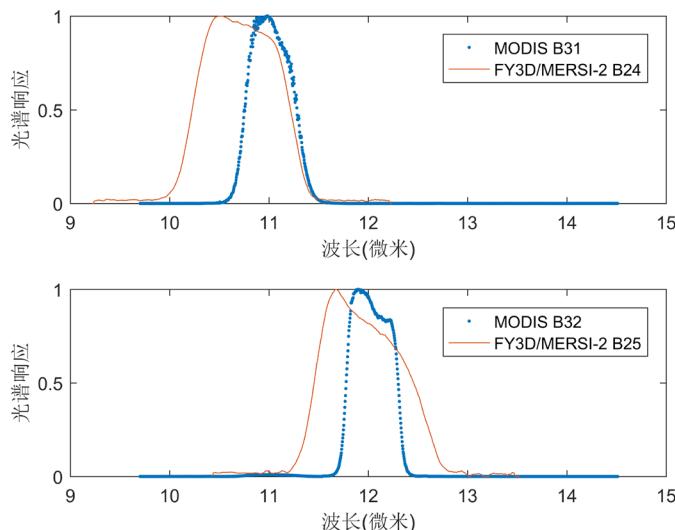


Figure 1. Spectral response functions between MERSI-2 and MODIS split-window bands

图 1. MERSI-2 与 MODIS 分裂窗波段光谱响应对比图

2. FY-3D MERSI-2 干旱/半干旱地区地表温度反演

2.1. 改进的广义分裂窗算法介绍

广义分裂窗算法最早由 Wan 和 Dozier 提出用于 MODIS 陆面温度反演[7]。经过大量的验证发现，广义分裂窗算法使用 MODIS 数据获取的温热地区裸露地表(干旱/半干旱地区)的地表温度产存在较大误差。为此，Wan [13]改进了广义分裂窗算法，改进后的算法专门用于反演干旱/半干旱区裸露地表温度。其公式如下：

$$T_s = C + \left(A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{T_i + T_j}{2} + \left(B_1 + B_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + B_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2} \right) \frac{T_i - T_j}{2} + D(T_i - T_j)^2 \quad (1)$$

式中 $\varepsilon = (\varepsilon_i + \varepsilon_j)/2$ 为分裂窗波段 i, j 的平均发射率， $\Delta\varepsilon = \varepsilon_i - \varepsilon_j$ ， $\Delta\varepsilon$ 为波段 i, j 的发射率(LSE)之差， T_s 为地表温度， T_i, T_j 为波段 i, j 大气层顶的亮温。 $C, A_1, A_2, A_3, B_1, B_2, B_3, D$ 为未知系数。为了提高 MODIS 地表温度产品反演精度，研究者对卫星观测角、发射率平均值、大气水汽含量(WVC)、大气气温分为了几个区间，得到了各区间相应的方程系数。当广义分裂窗算法用于没有大气气温产品的传

感器[19] [20]，可用 LST 分区间代替了大气温度分区间。在 MERSI-2，分别对应分辨率为 250 m 的波段 24 和波段 25。

2.2. FY-3DMERSI-2GSW 算法系数获取

GSW 算法的未知系数分三步获取：1) 使用大气辐射传输模型 MODTRAN 建立晴空条件下的大气参数查找表，包括大气透过率 $\tau_{\lambda\theta}$ ，大气上行辐射 $L_{\lambda\theta}^{atm\uparrow}$ 、大气下行辐射 $L_{\lambda\theta}^{atm\downarrow}$ ，用于简易辐射传输公式，这三个大气参数用热红外辐射大气传输计算软件 MODTRAN 5.2 模拟得到；2) 快速计算波段辐亮度；3) 计算 FY-3D/MERSI-2 第波段 24、25 波段的大气层顶(TOA)亮温；4) 分区建立 FY-3D/MERSI-2 GSW 算法系数查找表。

本文建立大气参数查找表时使用 MODTRAN 5.2 和大气廓线数数据 TIGR2311 中的晴空廓线来进行辐射传输模拟，共 874 条大气廓线被挑选使用[21]。MERSI-2 为宽幅相机，观测角大，所以模拟时观测角度设置跨度大，从 0° 到 69°。本文使用 MODTRAN 模拟获取大气参数时，详细参数设置如表 2：

Table 2. Parameter settings table for MODTRAN5.2 simulation

表 2. 使用 MODTRAN5.2 模拟时的参数设置表

获取的参数名称	参数设置范围									
	大气路径类型	多次散射	地表温度	地表反照率	地面海拔高度	初始海拔高度	最终海拔高度	从 H1 测量的天顶角	初始频率 cm^{-1}	最终频率 cm^{-1}
	ITYPE	IMULT	TBOUND	SALB	GNDALT	H1	H2	ANGLE	V1	V2
$L_{\lambda\theta}^{atm\uparrow}$	2	1	0.01	0	大气廓线第一层高度	100	同 GNDALT	12 个	650	1252
$\tau_{\lambda\theta}$	2	1	0.01	0	大气廓线第一层高度	100	同 GNDALT	12 个	650	1252
$L_{\lambda\theta}^{atm\downarrow}$	3	1	0.01	0	大气廓线第一层高度	同 GNDALT	0	53°	650	1252

注：12 个观测角度为 0, 10, 20, 30, 40, 50, 56.05, 59.84, 62.84, 65.27, 67.29, 69°。

根据式 2)，2-1/2/3/4，用 MERSI-2 热红外波段 24，25 的光谱响应函数对 MODTRAN 模拟光谱辐射量($L_{\lambda\theta}^{atm\uparrow}$, $L_{\lambda\theta}^{atm\downarrow}$, $\tau_{\lambda\theta}$)进行积分，获得 24，25 波段的上下行辐射，和透过率。将 24，25 波段的地表发射率，上下行辐射和透过率，以及地表温度带入式 2)，即可得到相应波段的 TOA 总辐射。LST 根据大气气温确定，对于冷空气状况即大气气温 $T_{\text{air}} < 280 \text{ K}$ 时， $T_{\text{air}} - 16 \text{ K}$ 到 $T_{\text{air}} + 4 \text{ K}$ ，热空气条件下 $T_{\text{air}} > 280 \text{ K}$ ， $T_{\text{air}} - 5 \text{ K}$ 到 $T_{\text{air}} + 29 \text{ K}$ 。间隔均为 1 K，平均发射率 ε 从 0.89 到 1，间隔为 0.01，发射差 $\Delta\varepsilon$ 从 -0.037 到 0.027，间隔为 0.005。最后由普朗克函数即可得到相应波段的亮温。

建立模拟数据库后，通过稳健多元线性回归法获取 FY-3D/MERSI-2GSW 算法的系数[22]。为提高拟合精度，使用分段线性来近似非线性，将 WVC，LST，和 ε 均分为几个子区间，为了防止解出现奇异值，相邻的两区间均设置重叠区。WVC 从 0 到 6.5 g/cm^2 分为 6 个区间，设置 0.5 g/cm^2 的重叠区。LST 分为 5 个子区间： $< 280 \text{ K}$ ，[275, 295]，[290, 310]，[305, 325]，and $> 320 \text{ K}$ 。 ε 分为两个区间：[0.89, 0.96]，[0.94, 1]，间隔均为 0.002。观测角度同模拟时设置角度。

图 2 为 WVC 从 1 g/cm^2 到 2.5 g/cm^2 ，LST 从 290 K 到 310 K 时，两个地表发射率区间改进的 FY-3D/MERSI-2GSW 算法系数与观测角余弦的关系图。从图中可以看出，GSW 算法的系数与观测角度存在线性关系，相同的线性关系在其他区间同样存在，因此，模拟观测角之外的其他观测角度系数可以通过线性插值求的。

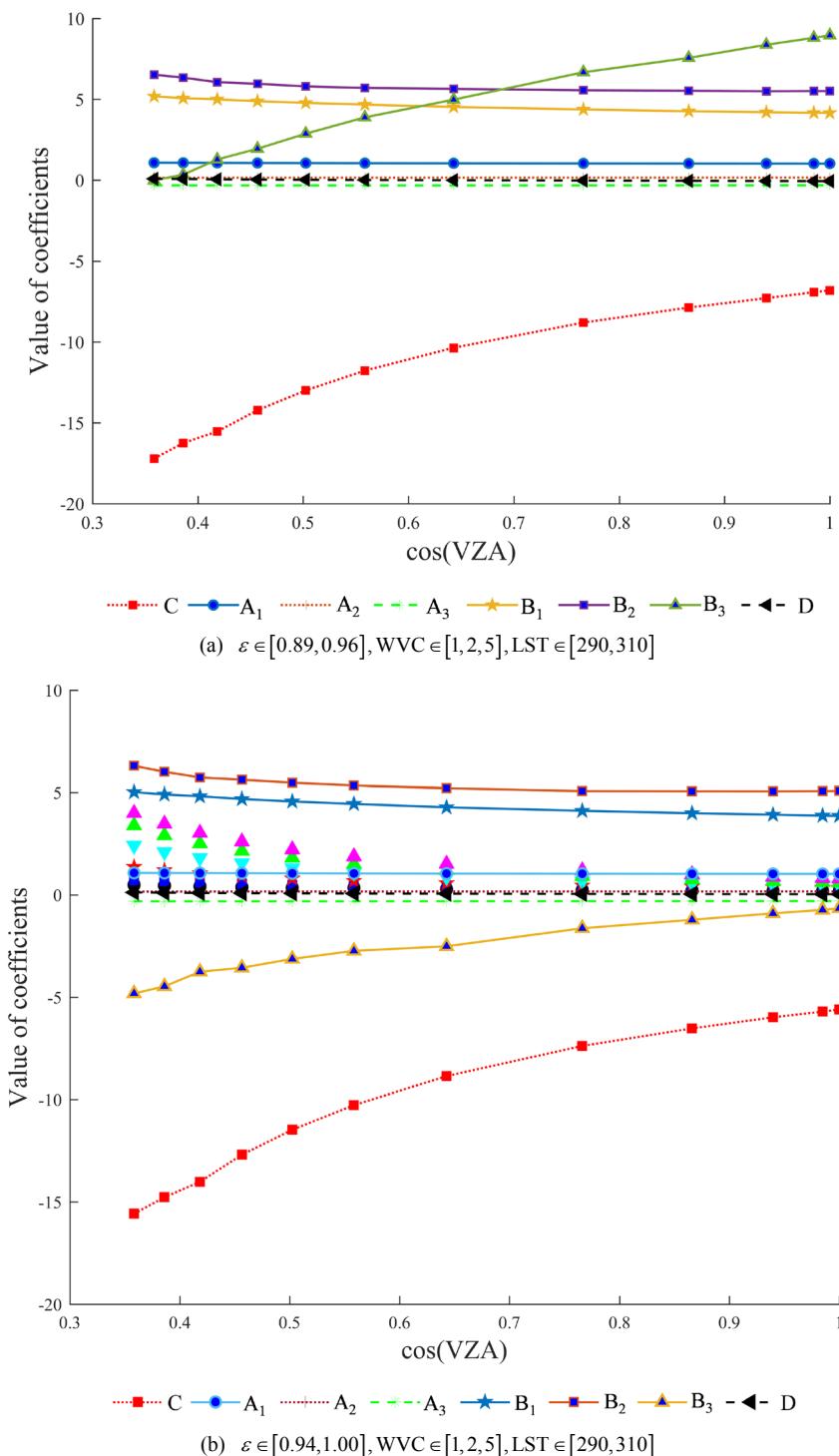
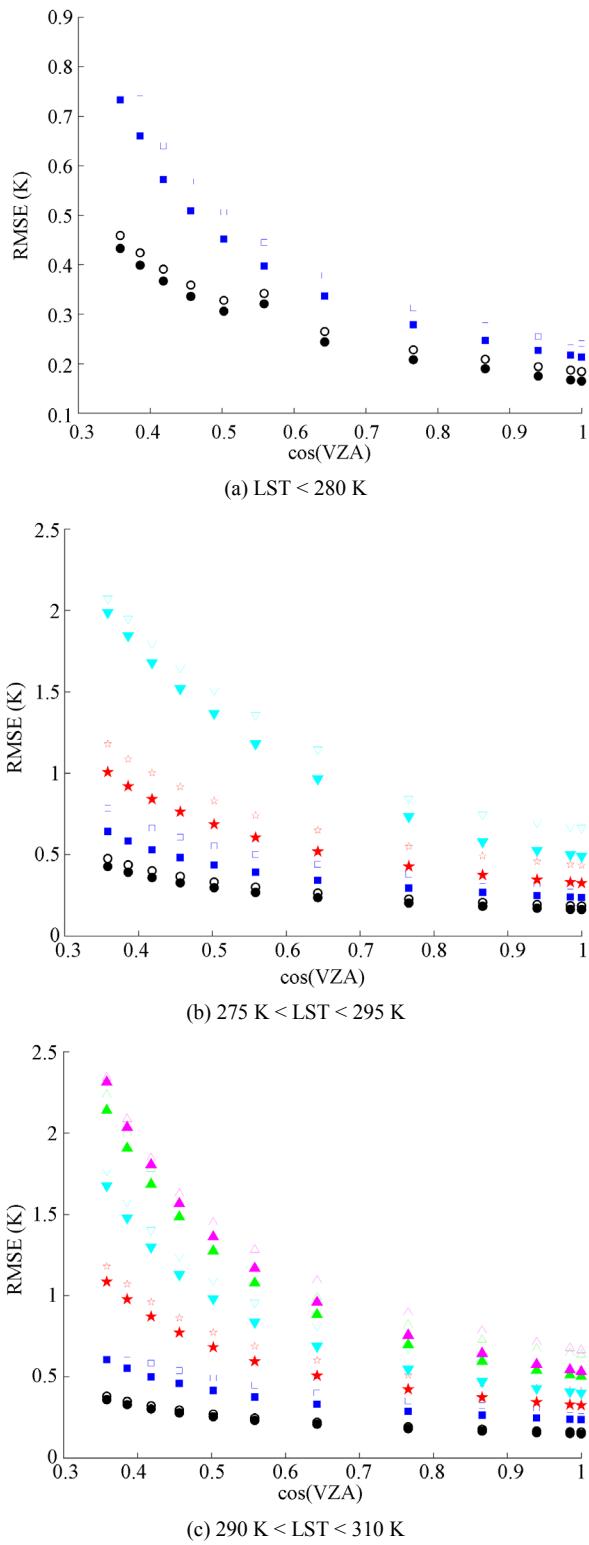
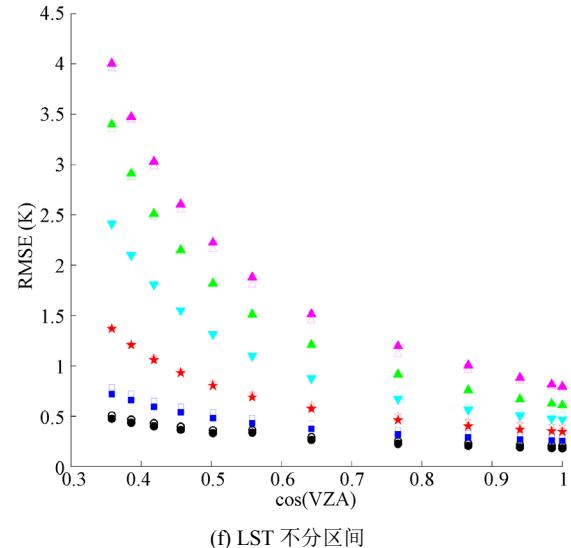
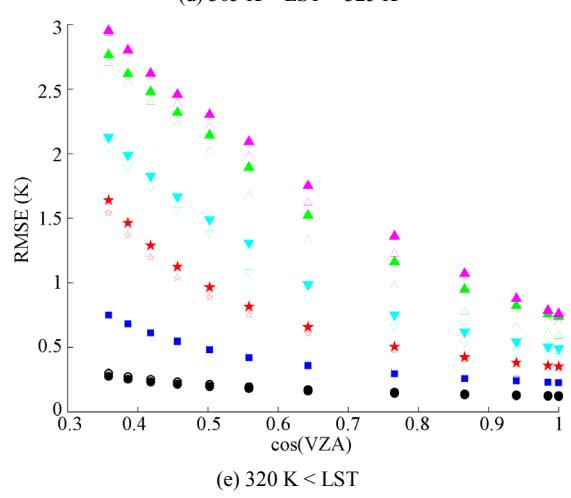
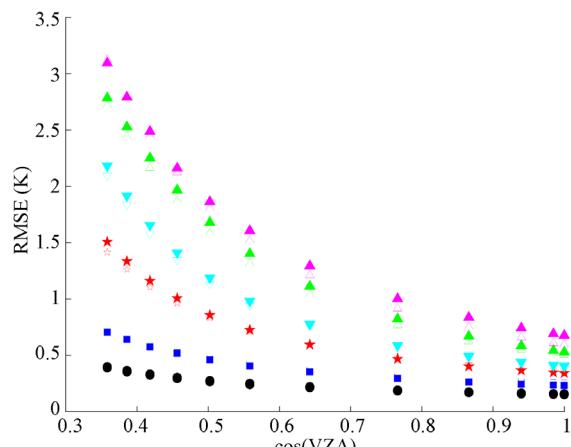


Figure 2. Examples of the GSW coefficients for FY-3D/MERSI-2 data
图 2. FY-3D/MERSI-2GSW 算法系数示例图

图 3 为 12 个观测角度下, 不同 WVC, ε 以及 LST 区间使用 GSW 算法估算的温度与实际地表温度之间的均方根误差(RMSEs)。从图中可以发现: 在所有区间 LST 区间, RMSEs 随着观测角度和大气水汽含量的增大而增大。当观测角度大于 60° , RMSEs 急剧增加。当 VZA 小于等于 30° , WVC 小于 4.5 g/cm^2

时, RMSEs 小于 1 K。那么在实际地表温度反演中, 在数据充足的情况下, 可以通过舍弃大角度观测值来提高反演精度。图 3(f)为 LST 未分区情况下的 RMSEs, 可以看出未分区时 RMSEs 相对较大。由此可得, 通过对 LST 分区, 能在一定程度上提高 LST 反演的精度。





$\varepsilon \in [0.89, 0.96]$: ○ 0.0~1.5 □ 1~2.5 ★ 2~3.5 ▽ 3~4.5 ▲ 4~5.5 △ 5~6.5 (g/cm^2)
 $\varepsilon \in [0.96, 1.00]$: ● 0.0~1.5 ■ 1~2.5 ★ 2~3.5 ▽ 3~4.5 ▲ 4~5.5 △ 5~6.5 (g/cm^2)

Figure 3. Examples of RMSEs between the estimated and actual LST

图 3. FY-3D/MERSI-2GSW 系数拟合均方根误差示例

3. 验证分析

验证算法精度，可将该算法系数用于中国西北干旱/半干旱地区的地表温度反演，并与地表实测数据进行验证。但是由于目前缺少实测数据，本文先使用模拟数据对算法精度进行验证。

建立验证模拟库使用 MODTRAN5.2 自带的热带和中纬度夏季廓线，代表干旱地区大气状况。这两条廓线在模拟系数时并没有使用，用来模拟数据库验证合理。由于这两条大气廓线的大气气温都高于 280 K，LST 设置为 $T_{\text{air}} - 5 \text{ K}$ 到 $T_{\text{air}} + 20 \text{ K}$ ，间隔 5 K，最终 LST 从 289.2 K 到 319.7 K。观测角度为 0°, 15°, 30° 和 69°，利用 MERIS-2 第 24, 25 波段响应函数和 ASTER 2.0 光谱库[23]土壤样本数据共 51 条，积分得到裸土的波段发射率作为输入。被选用的土壤样本波段平均发射率从 0.96 到 0.98，波段发射率之差从 -0.01 到 0.003。经过模拟共得到 2448 个 24, 25 波段的大气层顶辐亮度，进而得到波段亮温。最后利用改进的 GSW 算法系数进行 LST 估算。计算时先不考虑地表温度分区，使用系数近似估计地表温度，然后根据近似地表温度，选择其所属地表温度区间的系数计算地表温度，多次迭代直到地表温度两次差值小于某阈值，这时所得到的温度即为精确地表温度。验证时计算偏差(Bias)、标准差(STD)以及均方根误差(Root-Mean-Square-Error, RMSE)。估算的地表温度与实际地表温度误差直方图见图 4。

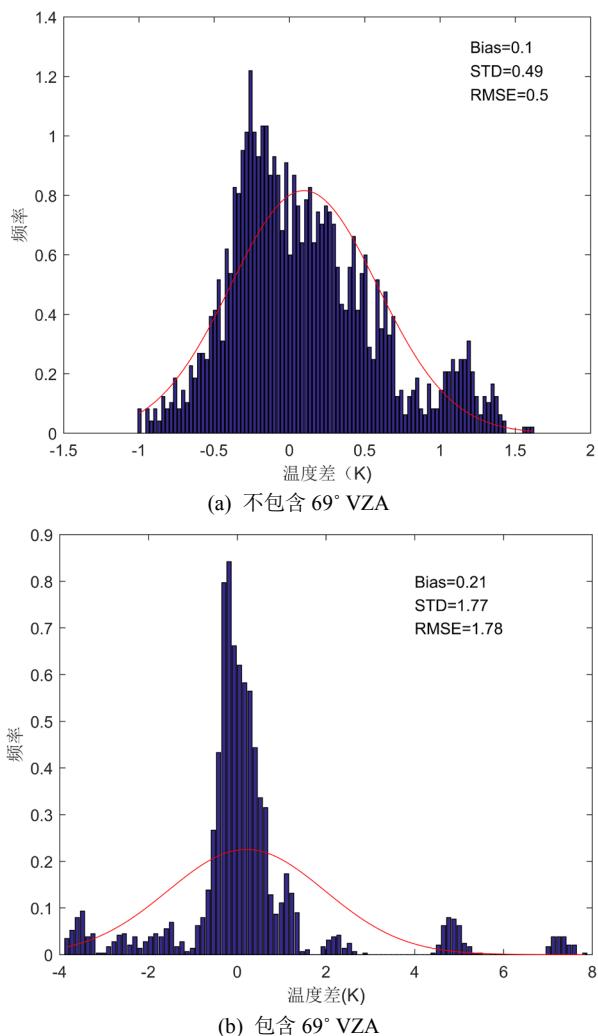


Figure 4. Error histogram of the estimated and actual LST
图 4. 估算的地表温度与实际地表温度温度误差直方图

从图 4(a)中可以看出, 改进的广义分裂窗算法, 在小角度观测状况下($VZA \leq 30^\circ$), 反演精度较高。Bias 为 0.1, STD 为 0.49, RMSE 为 0.5, 地表温度反演精度能满足小于 1 K 的精度要求。但是在大角度观测下, 算法误差较大。在 VZA 达到 69° 时, 误差最大接近 8 K。这说明该算法在观测角度较大时精度有限, 将在以后的工作中进行改进。

4. 总结

本文将一种改进的广义分裂窗算法用于风云三号 D 卫星(FY-3D)搭载的中分辨率光谱成像仪 II (MERISI-2)数据反演干旱/半干旱地区的地表温度。通过 MODTRAN5.2 和大气廓线数据 TIGR2311 进行模拟建立具有时空代表性的模拟数据库。为了提高算法反演精度, 将热红外波段 ε 、WVC 以及 LST 分为不同区间建立 GSW 算法系数查找表。然后使用热带廓线、中纬度夏季廓线和实测的土壤波段发射率作为输入建立模拟数据对算法进行了精度验证, 表明 GSW 算法在干旱、半干旱地区, VZA 观测角度不大于 30° 的时候, 反演精度高。其中 Bias 为 0.1, STD 为 0.49, RMSE 为 0.5。为了进一步验证该算法的实际应用精度, 接下来会将该系数用于中国西北干旱地区的 MERISI-2 数据地表温度反演, 并通过地面实测数据对比验证其精度。

参考文献

- [1] Running, S.W., Justice, C.O., Salomonson, V., Hall, D., Barker, J., Kaufman, Y.J., Strahler, A.H., Heute, A.R., Muller, J.-P., Vanderbilt, V., Wan, Z.M., Teillet, P. and Carnegie, D. (1994) Terrestrial Remote Sensing Science and Algorithms Planned for EOS/MODIS. *International Journal of Remote Sensing*, **15**, 3587-3620. <https://doi.org/10.1080/01431169408954346>
- [2] Islam, T., Hulley, G.C., Malakar, N.K., Radocinski, R.G., Guillevic, P.C. and Hook, S.J. (2016) A Physics-Based Algorithm for the Simultaneous Retrieval of Land Surface Temperature and Emissivity from VIIRS Thermal Infrared Data. *IEEE Transactions on Geoscience & Remote Sensing*, **55**, 563-576. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2611566>
- [3] Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C. and Paolini, L. (2004) Land Surface Temperature Retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, **90**, 434-440. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- [4] 覃志豪, Zhang, M., Karnieli, A. and Berliner, P. 用陆地卫星 TM6 数据演算地表温度的单窗算法[J]. 地理学报, 2001, 56(4): 456-466.
- [5] Li, H., Liu, Q.H., Zhong, B., Du, Y.M., Wang, H.S. and Wang, Q. (2010) A Single-Channel Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval from HJ-1B/IRS Data Based on a Parametric Model. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Honolulu, 25-30 July 2010, 2448-2451. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2010.5649801>
- [6] Duan, S.B., Li, Z.L., Wang, C., Zhang, S., Tang, B.H., Leng, P., et al. (2018) Land-Surface Temperature Retrieval from Landsat 8 Single-Channel Thermal Infrared Data in Combination with NCEP Reanalysis Data and ASTER GED Product. *International Journal of Remote Sensing*, **40**, 1763-1778. <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1460513>
- [7] McMillin, L.M. (1975) Estimation of Sea Surface Temperature from Two Infrared Window Measurements with Different Absorption. *Journal of Geophysical Research*, **80**, 5113-5117. <https://doi.org/10.1029/JC080i036p05113>
- [8] Wan, Z. and Dozier, J.A. (1996) Generalized Split-Window Algorithm for Retrieving Land-Surface Temperature from Space. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **34**, 892-905. <https://doi.org/10.1109/36.508406>
- [9] Tang, B.-H., Shao, K., Li, Z.-L., Wu, H., Nerry, F. and Zhou, G. (2015) Estimation and Validation of Land Surface Temperatures from Chinese Second-Generation Polar-Orbit FY-3A VIRR Data. *Remote Sensing*, **7**, 3250-3273. <https://doi.org/10.3390/rs70303250>
- [10] Liu, C., Li, H., Du, Y.M., Cao, B., Liu, Q.H., Meng, X.C. and Hu, Y.J. (2017) Practical Split-Window Algorithm for Retrieving Land Surface Temperature from Himawari 8 AHI Data. *Journal of Remote Sensing*, **21**, 702-714.
- [11] Hu, Y., et al. (2018) Estimation of the Land Surface Temperature over the Tibetan Plateau by Using Chinese fy-2c Geostationary Satellite Data. *Sensors*, **18**, 376. <https://doi.org/10.3390/s18020376>
- [12] Gillespie, A., Rokugawa, S., Matsunaga, T., Cothern, S., Hook, S. and Kahle, A. (1998) A Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **36**, 1113-1126. <https://doi.org/10.1109/36.700995>
- [13] Wang, H.S., Xiao, Q., Li, H. and Zhong, B. (2011) Temperature and Emissivity Separation Algorithm for TASI Air-

- borne Thermal Hyperspectral Data. *International Conference on Electronics, Communications and Control*, Ningbo, 9-11 September 2011, 1075-1078. <https://doi.org/10.1109/ICECC.2011.6066288>
- [14] Zhou, S.G. and Cheng, J. (2018) A Multi-Scale Wavelet-Based Temperature and Emissivity Separation Algorithm for Hyperspectral Thermal Infrared Data. *International Journal of Remote Sensing*, **39**, 8092-8112.
- [15] Wan, Z. (2008) New Refinements and Validation of the MODIS Land-Surface Temperature/Emissivity Products. *Remote Sensing of Environment*, **112**, 59-74. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.06.026>
- [16] <http://gsics.nsme.org.cn/data/cn/instrument/MERSI-2.html>
- [17] http://data.nsme.org.cn/PortalSite/StaticContent/DeviceIntro_FY3_MERSI.aspx
- [18] Atmospheric Radiation Analysis Laboratoire de Météorologie Dynamique/CNRS/IPSL.
<http://ara.abct.lmd.polytechnique.fr/index.php?page=tigr>
- [19] Tang, B.-H., Bi, Y., Li, Z.-L. and Xia, J. (2008) Generalized Split-Window Algorithm for Estimate of Land Surface Temperature from Chinese Geostationary FengYun Meteorological Satellite (FY-2C) Data. *Sensors*, **8**, 933-951. <https://doi.org/10.3390/s8020933>
- [20] Jiang, J., Liu, Q., Li, H. and Huang, H. (2011) Split-Window Method for Land Surface Temperature Estimation from FY-3A/VIRR Data. *International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 24-29 July 2011, 305-308. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2011.6048953>
- [21] Jiang, J., et al. (2015) Evaluation of Land Surface Temperature Retrieval from, fy-3b/virr Data in an Arid Area of Northwestern China. *Remote Sensing*, **7**, 7080-7104. <https://doi.org/10.3390/rs70607080>
- [22] Hulley, G.C., Hook, S.J. and Schneider, P. (2011) Optimized Split-Window Coefficients for Deriving Surface Temperatures from Inland Water Bodies. *Remote Sensing of Environment*, **115**, 3758-3769. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.09.014>
- [23] Baldridge, A.M., Hook, S.J., Grove, C.I. and Rivera, G. (2009) The ASTER Spectral Library Version 2.0. *Remote Sensing of Environment*, **113**, 711-715. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.11.007>



知网检索的两种方式：

1. 打开知网首页：<http://cnki.net/>，点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”，跳转至：<http://scholar.cnki.net/new>，搜索框内直接输入文章标题，即可查询；
或点击“高级检索”，下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN: 2163-3967，即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版：<http://www.cnki.net/old/>，左侧选择“国际文献总库”进入，搜索框直接输入文章标题，即可查询。

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org