

引用格式: CAO Guangzhen, Min Min, HOU Peng. The impact of land surface emissivity on the retrieval of Land Surface Temperature from thermal remote sensing data[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2023, 38(4): 835-841. [曹广真, 闵敏, 侯鹏. 陆表比辐射率对遥感陆表温度反演结果的影响分析[J]. 遥感技术与应用, 2023, 38(4): 835-841.]
DOI: 10.11873/j.issn.1004-0323.2023.4.0835

陆表比辐射率对遥感陆表温度反演结果的影响分析

曹广真¹, 闵 敏², 侯 鹏³

- (1. 中国气象局中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室 许健民气象卫星创新中心
国家卫星气象中心, 北京 100081;
2. 中山大学大气科学学院, 广东 珠江 519082;
3. 环境保护部卫星环境应用中心 国家环境保护卫星遥感重点实验室, 北京 100094)

摘要: 陆表比辐射率(Land Surface Emissivity, LSE)是衡量物体表面以热辐射形式释放能量相对强弱能力的物理量,是影响遥感陆表温度(Land Surface Temperature, LST)的重要基本参数之一。为了分析不同条件下 LSE 对遥感 LST 反演结果的影响,基于 Himawari 8 AHI (Advanced Himawari Imager, AHI)的分裂窗通道热红外遥感数据,采用 Wan 及 Dozier 的分裂窗算法,研究陆表温度反演结果对 LSE 的敏感性。首先,对 LSE 产品分别加入不同均值和标准差的高斯噪声,以此代表 LSE 不同的误差水平;然后,在其他条件不变的情况下,将带不同噪声的 LSE 和不带噪声的 LSE 分别输入分裂窗算法进行 LST 的反演;最后,分析不同时间、不同水汽、不同观测角度和不同下垫面条件下, LSE 对 LST 的影响。结果表明:①无论白天、夜间还是日均 LST,输入添加噪声的 LSE 较输入原始的 LSE 反演所得的 LST 数值总体略低,而且随着所添加噪声标准差的增大,所得 LST 差值的标准差增大。当 LSE 的噪声标准差为 0.01 时,所得白天、夜间和日均 LST 差值的标准差分别为 0.48 K、0.52 K 和 0.34 K;而当 LSE 的噪声标准差为 0.03 时,所得 LST 差值的标准差则分别升高到 1.46 K、1.57 K 和 0.88 K。②不管水汽和观测角度条件如何,总体上,输入添加噪声的与输入原始 LSE 反演所得的 LST 相关系数随着所加噪声标准差的增大而减小,均方根误差和标准差则随着所加噪声标准差的增大而增大,偏差为负值,其绝对值随所加噪声标准差的增大而减小。③对于不同的下垫面,随着所加噪声标准差的增大, LSE 添加噪声与不添加噪声反演所得的 LST 差值的标准差增大,当所加噪声标准差为 0.01 时,多树草原、开放灌木和草原 LST 差值的标准差分别为 0.52 K、0.51 K 和 0.53 K。而当所加噪声标准差为 0.03 时,三者 LST 差值的标准差分别升高到 1.58 K、1.53 K 和 1.6 K。

关键词: 陆表比辐射率; 陆表温度; 高斯分布噪声; 分裂窗算法

中图分类号: TP79 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0323(2023)04-0835-07

1 前 言

陆表温度(Land Surface Temperature, LST)是指陆地表面的温度,在地-气相互作用过程中扮演

着十分重要的角色,是全球变化研究的关键参数,对水文、生态、环境和生物地球化学等研究有重要意义。遥感越来越成为陆表温度观测的重要手段,但是由于 n 个通道的红外遥感观测只能建立 n 个方

收稿日期: 2021-10-28; 修订日期: 2023-04-25

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0300101、2018YFB0504900),国家自然科学基金项目(42071393),风云四号地面应用系统工程建设项目等共同资助。

作者简介: 曹广真(1976—),女,山东邹城人,研究员,主要从事多源数据融合与环境遥感方面的研究。E-mail: caogz@cma.gov.cn

程,而未知数却有 $n+1$ 个(n 个 Land Surface Emissivity(LSE),1 个 LST),方程组不完备,所以遥感陆表温度的反演具有不确定性^[1],没有一定的先验知识,不可能同时反演得到 LST 与 LSE。正是对先验知识假设的不同,不同学者发展了不同的陆表温度反演模型。主要分为 LSE、LST 同步反演的方法和已知 LSE 反演 LST 的方法^[1]。应用广泛的分裂窗算法属于后者。

分裂窗(Split Window, SW)算法起源于 20 世纪 70 年代,最初用来确定海水表面温度^[2]。Price 首次将其推广到 NOAA 7 AVHRR 陆表温度的反演,将地表看做黑体,只考虑大气中水汽的吸收和辐射,算法的精度有很强的区域依赖性^[3]。随后发展了多种不同的考虑大气和下垫面特征影响的陆表温度分裂窗反演算法。但多数研究均是基于热红外辐射传输方程,从理论的角度模拟分析的。如 Becker 等^[4]通过利用辐射传输模式进行辐射亮温计算,结合地表实测数据,分析了不同大气状况下,地表发射率、温度对 NOAA 9 AVHRR 4、5 通道辐射亮温的影响。Sobrino 等^[5]则在参考 Becker 和 Li 工作的基础上,考虑了分裂窗通道地表比辐射率的影响。Coll 等^[6]将 Plank 函数引入辐射传输方程,并引入地表比辐射率对地表温度进行修正。Franca 等^[7]则不仅考虑了地表比辐射率、大气吸收系数以及大气水汽含量的影响,还考虑了大气透过率随观测角的变化。Wan-Dozier 等^[8]发展了广义分裂窗算法,对于已知地表比辐射率的表面,其精度可优于 1 K,是目前广泛应用的 MODIS 地表温度产品所采用的算法。Yu 等^[9]针对 GOES 的实验也表明,LST 对 LSE 非常敏感,尤其是白天,即使 LSE 较小的不准确,也会给 LST 的反演带来较大的偏差,甚至高达 3 K。陈瀚阅等^[10]利用辐射传输模型 MODTRAN 4.0 以 TIGR 中纬度夏季廓线作为输入,基于 Wan 及 Dozier 分裂窗算法,研究大气水汽含量、地表比辐射率、通道等效噪声等参数的不确定度对反演精度的影响。结果表明,影响算法总精度的因素主要是算法绝对精度和地表比辐射率不确定度。

陆表比辐射率对遥感陆表温度反演结果的影响是个很有意义的研究内容,一方面有助于客观全面地评价陆表温度反演算法和反演结果的精度,另一方面,有助于陆表温度反演过程中陆表比辐射率产品的评估和选择。而已有的研究多是基于数值模拟开展的^[9-12],针对陆表温度实际反演过程中陆

表比辐射率输入对结果的影响研究较少。因此,本文采用 Himawari 8 AHI (Advanced Himawari Imager, AHI)的分裂窗通道热红外遥感数据以及由此反演所得的陆表比辐射率产品,基于 Wan 及 Dozier 的分裂窗算法,研究不同条件下陆表比辐射率对陆表温度反演结果的影响。

2 数据源及研究区

热红外遥感数据为 Himawari 8 AHI 分裂窗通道(中心波长分别为 10.4 μm 和 12.4 μm)的数据。Himawari 8 是日本 2014 年 10 月发射的新一代静止气象卫星,具有 16 个通道。本文所采用的数据获取于 2016 年 6 月 17 日,空间分辨率 2 km,时间分辨率 10 min,时间覆盖范围为世界时 6:50 至 23:40。

陆表温度反演输入的陆表比辐射率是美国 GORS-R ABI LST/LSE 团队基于绿色植被覆盖度(Green Vegetation Fraction, GVF)开发的,反演所采用的算法具有较高的精度,裸地地区准确度达 0.006^[13]。

研究区选择了澳大利亚地区,Himawari 对其有较好的覆盖,而且 2016 年 6 月 17 日晴空条件较好。

3 方法

3.1 分裂窗算法

陆表温度反演采用 Wan-Dozier 的广义分裂窗算法,具体形式如下^[8]:

$$T_s = C + (A_1 + A_2 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_3 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2})(T_{11} + T_{12}) + (A_4 + A_5 \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} + A_6 \frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon^2})(T_{11} - T_{12}) + D(T_{11} - T_{12})(\sec\theta - 1)$$

其中: A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 C 和 D 是模拟计算产生的系数,由 NOAA 俞运跃教授 LSE/LST 开发团队基于其算法平台帮助模拟; T_{11} 和 T_{12} 是分裂窗通道的亮温; $\varepsilon = (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{12})/2$, $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{11} - \varepsilon_{12}$, ε_{11} , ε_{12} 为分裂窗通道的陆表比辐射率; θ 为卫星观测天顶角; T_s 为待求的陆表温度。

3.2 陆表比辐射率误差噪声

为了评估陆表比辐射对陆表温度反演的影响,对所采用的陆表比辐射率产品分别加入不同的高斯分布噪声。图 1 显示了分别加入的 3 种不同的高斯噪声,均值分别为 0.008、0.005 和 0.002,标准差分别为 0.01、0.02 和 0.03,以此代表陆表比辐射率不同的误差水平,在后文中分别用噪声 1、噪声 2 和噪声 3 表示。在其他输入相同的情况下,通过将带不同

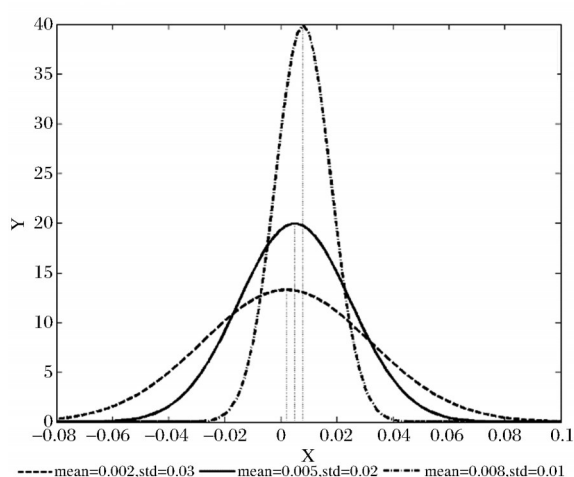


图1 陆表比辐射率所添加的3种不同的高斯噪声

Fig.1 Three kind of noise added to the land surface emissivity

噪声的陆表比辐射率和原始的陆表比辐射率分别输入分裂窗算法,得到不同的陆表温度反演结果,通过陆表温度之间的差值,分析陆表比辐射对陆表温度反演结果的影响。

4 实验结果与分析

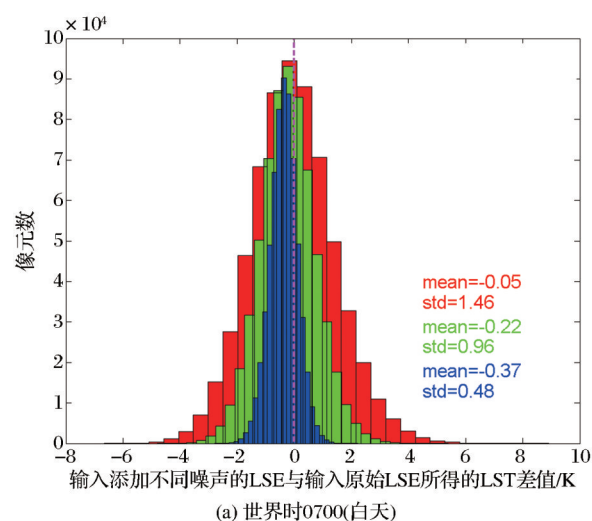
4.1 不同时间

以世界时 0700 时和 1600 时分别代表研究区的白天和夜间,图 2 显示了白天、夜间与每日输入添加不同噪声的 LSE 与输入原始 LSE 所得的 LST 差值直方图。可以看出,白天、夜间和日均的共同特征为:输入添加噪声的 LSE 较输入原始的 LSE 反演的陆表温度数值总体略低,而且随着所添加噪声标准差的增大,所得 LST 差值的标准差增大。当 LSE 的噪声标准差为 0.01 时,所得白天、夜间和日均 LST 差值的标准差分别为 0.48 K、0.52 K 和 0.34 K;而当 LSE 的噪声标准差为 0.03 时,所得 LST 差值的标准差分别为 1.46 K、1.57 K 和 0.88 K。

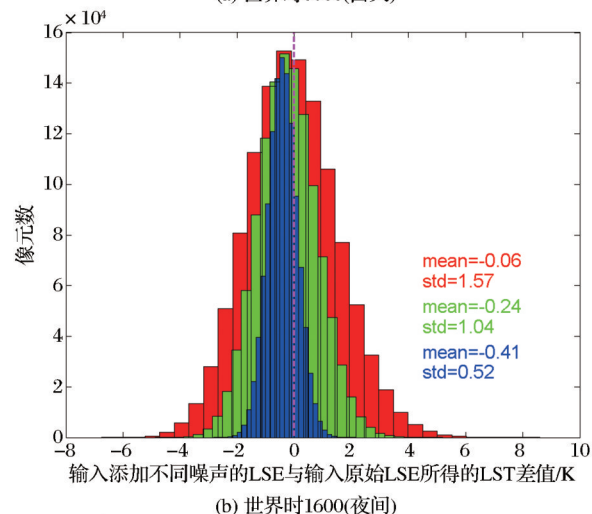
4.2 不同水汽条件

为分析不同水汽条件下陆表温度反演结果对陆表比辐射率的敏感性,将总的大气可降水分为 1.5~3.0 g/cm² 和 3.0~4.5 g/cm² 两组,分别反演并统计不同水汽条件下,输入带噪声的陆表比辐射率和输入原始陆表比辐射率反演所得的陆表温度。主要统计特征及结果如图 3 所示。

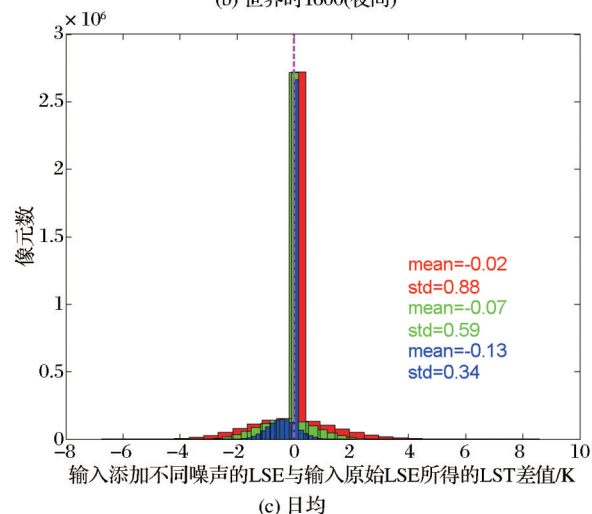
从图 3 所示的不同水汽条件下、不同时间输入添加不同噪声的 LSE 与输入原始 LSE 所得的 LST 统计特征可以看出,不管水汽条件如何,总体上,输入加入噪声的与输入原始陆表比辐射率反演所得



(a) 世界时0700(白天)



(b) 世界时1600(夜间)



(c) 日均

nosmean1=0.002,nosstd1=0.03 nosmean2=0.005,nosstd2=0.02
nosmean3=0.008,nosstd3=0.01

图2 不同时间输入添加不同噪声的 LSE 与输入原始 LSE 所得的 LST 差值直方图

Fig.2 The histogram of the LST difference retrieved from LSE with and without noise at different time

的陆表温度相关系数随着所加噪声标准差的增大而减小,均方根误差和标准差随着所加噪声标准差

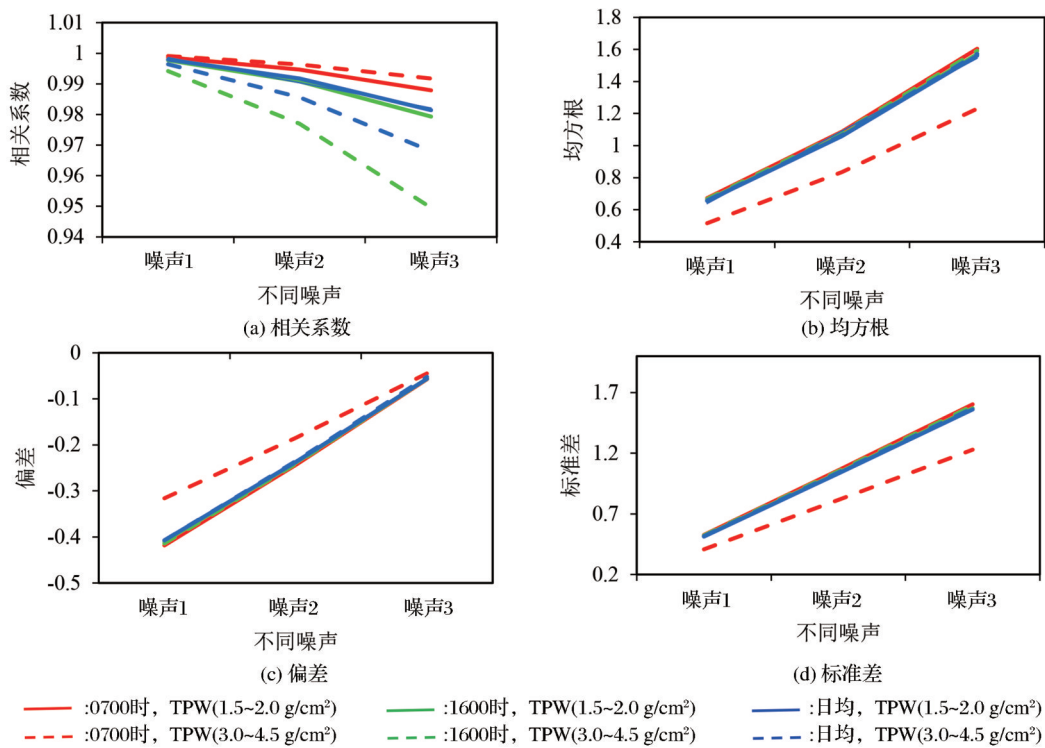


图3 不同水汽条件下、不同时间输入添加不同噪声的LSE与输入原始LSE所得的LST统计特征

Fig.3 Statistics of LST retrieved from LSE with and without noise under different water vapor and time conditions

的增大而增大,偏差为负值,其绝对值随着所加噪声标准差的增大而减小。在总的大气可降水处于 $1.5\sim 3.0\text{ g/cm}^2$ 条件下,当LSE的噪声标准差为0.01时,所得白天、夜间和日均LST相关系数均为1.00,均方根误差分别为0.67 K、0.66 K和0.65 K,偏差分别为-0.42 K、-0.41 K、-0.41 K,标准差分别为0.53 K、0.52 K、0.51 K。而当LSE的噪声标准差为0.03时,所得白天、夜间和日均LST相关系数分别为0.99、0.98和0.98,均方根误差分别为1.60 K、1.57 K、1.56 K,偏差均为-0.06 K,标准差分别为1.60 K、1.57 K、1.56 K。在总的大气可降水处于 $3.0\sim 4.5\text{ g/cm}^2$ 条件下,当LSE的噪声标准差为0.01时,所得白天、夜间和日均LST相关系数均为1.00,均方根误差分别为0.52 K、0.67 K和0.66 K,偏差分别为-0.32 K、-0.41 K、-0.41 K,标准差分别为0.41 K、0.52 K、0.52 K。而当LSE的噪声标准差为0.03时,所得白天、夜间和日均LST相关系数分别为0.99、0.95和0.97,均方根误差分别为1.23 K、1.59 K、1.57 K,偏差分别为-0.04 K、-0.06 K、-0.05 K,标准差分别为1.23 K、1.59 K、1.57 K。从以上的数值对比还可以看出,白天(07:00时)水汽较大时的相关系数大于水汽较小时;晚上(16:00时)和日均的相关系数则呈现相反的变化特征;相同的水汽变化条件下,白

天两者的相关系数大于日均的,日均的大于晚上的。平方根误差、偏差和标准差只有白天水汽大的条件下与其他条件下数值差别较大,其几个条件下同一统计特征数值十分接近。其中,均方根误差和标准差,白天水汽大的条件下较其他条件下数值小,而偏差绝对值也较小。

4.3 不同角度条件

从图4所示的不同角度条件下、不同时间输入添加不同噪声的LSE与输入原始LSE所得的LST统计特征可以看出,不管角度条件如何,总体上,输入加入噪声的与输入原始陆表比辐射率反演所得的陆表温度相关系数随着所加噪声标准差的增大而减小,均方根误差和标准差随着所加噪声标准差的增大而增大偏差为负值,其绝对值随着所加噪声标准差的增大而减小。在卫星天顶角 $0\sim 30^\circ$ 条件下,当LSE的噪声标准差为0.01时,所得白天、夜间和日均LST相关系数均为1.00,均方根误差分别为0.53 K、0.64 K和0.63 K,偏差分别为-0.32 K、-0.40 K、-0.39 K,标准差分别为0.42 K、0.50 K、0.50 K。而当LSE的噪声标准差为0.03时,所得白天、夜间和日均LST相关系数分别为0.99、0.96和0.96,均方根误差分别为1.26 K、1.53 K、1.51 K,偏差分别为-0.04 K、-0.05 K、-0.05 K,标准差分别为1.26 K、

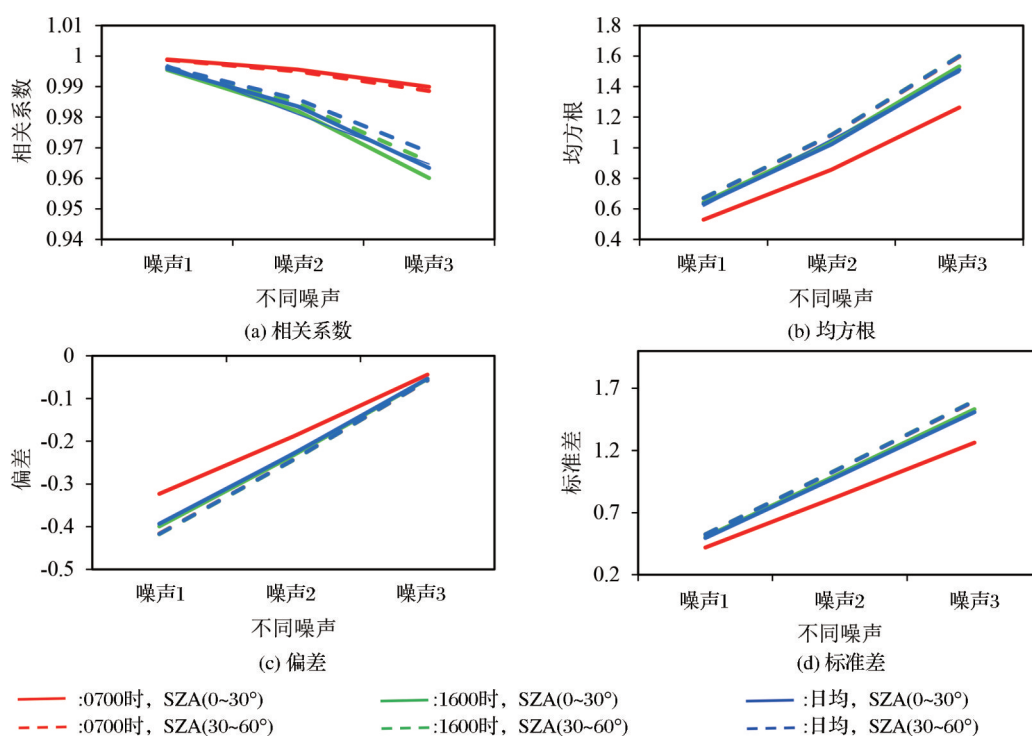


图4 不同角度条件下、不同时间输入添加不同噪声的LSE与输入原始LSE所得的LST统计特征

Fig.4 Statistics of LST retrieved from LSE with and without noise under different sensor zenith angle and time conditions

1.53 K、1.51 K。在卫星天顶角 30~60° 条件下,当 LSE 的噪声标准差为 0.01 时,所得白天、夜间和日均 LST 相关系数均为 1.00,均方根误差均为 0.67 K,偏差均为 -0.42 K,标准差分别为 0.52 K、0.53 K、0.52 K。而当 LSE 的噪声标准差为 0.03 时,所得白天、夜间和日均 LST 相关系数分别为 0.99、0.97 和 0.97,均方根误差均为 1.60 K,偏差均为 -0.06 K,标准差分别为 1.59 K、1.60 K、1.60 K。从以上的数值对比还可以看出,白天(07:00 时)角度较小时的相关系数略大于角度较大时;晚上(16:00 时)和日均的相关系数则呈现相反的变化特征;相同的角度变化条件下,白天的相关系数大于日均的大于晚上的。均方根误差、偏差和标准差只有白天角度小的条件下与其他条件下数值差别较大,其他几个条件下同一统计特征数值比较接近。其中,均方根误差和标准差,白天角度的条件下较其它条件下数值小,而偏差则较大。

4.4 不同下垫面类型

选择了研究区 3 种典型的下垫面类型:多树草原(Woody savannas)、开放灌木(Open shrubland)和草原(Savannas),分析不同下垫面条件下输入添加不同噪声的 LSE 与输入原始 LSE 所得的 LST 的差异,结果如图 5 所示。可以看出,对于不同的下垫面,随着所加噪声标准差的增大,LST 差值的标准

差增大,当所加噪声标准差为 0.01 时,多树草原、开放灌木和草原 LST 差值的标准差分别为 0.52 K、0.51 K 和 0.53 K。当所加噪声标准差为 0.03 时,三者 LST 差值的标准差分别为 1.58 K、1.53 K 和 1.6 K。也就是当 LSE 添加相同的噪声时,草原 LST 差值的标准差略大于木质草原的,而木质草原的大于开放灌木的。

5 结 论

为探讨红外遥感陆表温度反演过程中,陆表比辐射率对反演结果的影响,本文基于 Himawari 8 AHI (Advanced Himawari Imager, AHI) 的分裂窗通道热红外遥感数据和 Wan 及 Dozier 分裂窗算法,通过对陆表比辐射率产品分别加入不同均值和标准差的高斯分布噪声,以此代表陆表比辐射率不同的误差水平;分析不同时间、不同水汽、不同观测角度和不同下垫面条件下,陆表温度对陆表比辐射率的敏感性。主要结论如下:

(1) 不论白天、夜间还是日均 LST,输入添加噪声的 LSE 较输入原始的 LSE 反演所得的陆表温度数值总体略低,而且随着所添加噪声标准差的增大,所得 LST 差值的标准差增大。当输入 LSE 的噪声标准差为 0.01 时,所得白天、夜间和日均 LST 与输入不添加噪声的 LSE 所得的 LST 差值的标准差

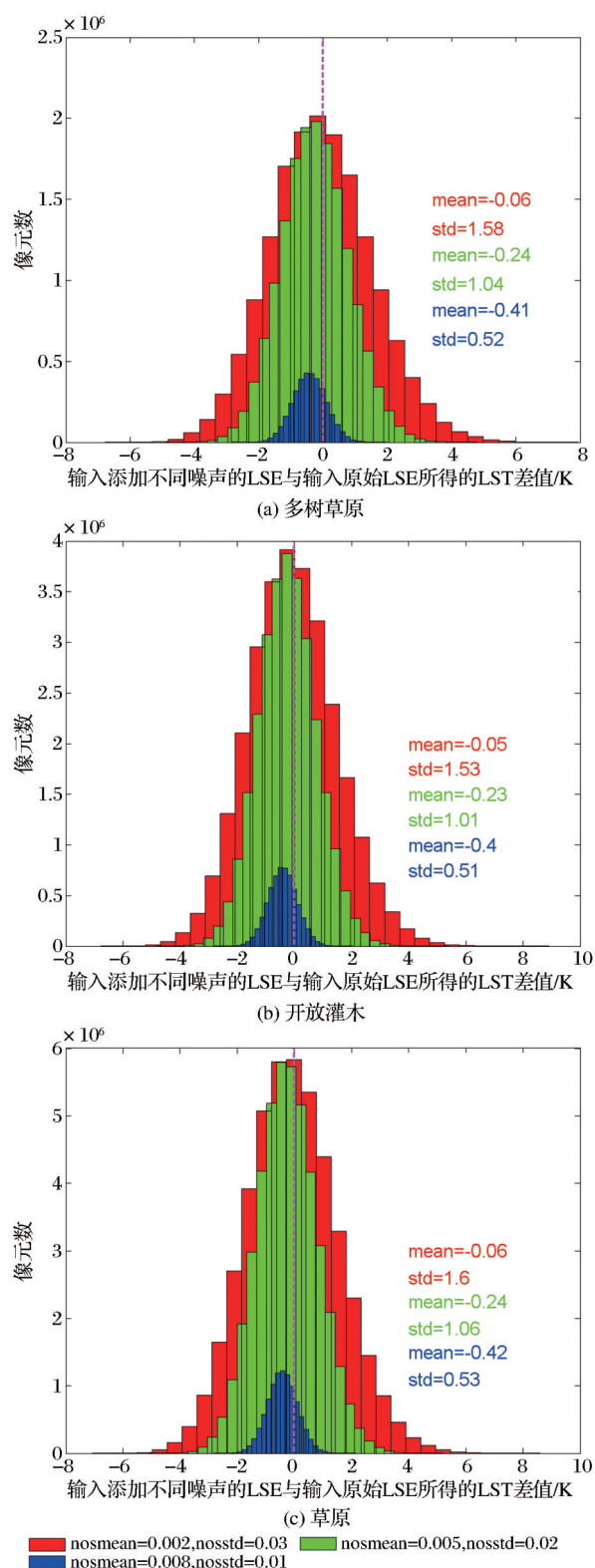


图5 不同下垫面条件下输入添加不同噪声的LSE与输入原始LSE所得的LST差值散点图

分别为0.48 K、0.52 K和0.34 K;而当LSE的噪声标准差为0.03时,两者差值的标准差则分别升高到

1.46 K、1.57 K和0.88 K。

(2)不管水汽和观测角度条件如何,总体上,输入加入噪声的与输入原始LSE反演所得的LST相关系数随着所加噪声标准差的增大而减小,均方根误差和标准差随着所加噪声标准差的增大而增大,而偏差为负值,其绝对值随着所加噪声标准差的增大而减小。

(3)对于不同的下垫面,随着所加噪声标准差的增大,LST差值的标准差增大,其中,草原(Savannas)的标准差略大于多树草原(Woody savannas)的,而多树草原的大于开放灌木(Open shrubland)的。当LSE所加噪声标准差为0.01时,反演所得多树草原、开放灌木和草原LST与输入不带噪声的LSE所得LST差值的标准差分别为0.52 K、0.51 K和0.53 K。而当LSE所加噪声标准差为0.03时,LST差值的标准差分别升高到1.58 K、1.53 K和1.6 K。

本文研究不仅有助于遥感陆表温度反演过程中LSE数据源的选择,而且有助于遥感LST反演结果的分析 and 理解。

致谢:本文数据和方法得到美国NOAA俞运跃教授、于鹏博士和王合顺博士的大力帮助,在此深表感谢!

参考文献(References):

- [1] LI Z L, TANG B H, WU H, *et al.* Satellite-derived land surface temperature: Current status and perspectives[J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 131: 14-37. DOI: 10.1016/J.RSE.2012.12.008
- [2] ANDING D, KAUTH R. Estimation of sea surface temperatures from space[J]. Remote Sensing of Environment, 1970, 1:217-220. DOI: 10.1016/S0034-4257(70)80002-5
- [3] PRICE J C. Land surface temperature measurements from split window channels of the NOAA 7 advance very high resolution radiometer[J]. Journal of Geophysics Research, 1984, 89: 7231-7237. DOI: 10.1029/JD089iD05p07231
- [4] BECKER F, LI Z L. Toward a local split window method over land surface[J]. International Journal of Remote Sensing, 1990, 11:369-393. DOI:10.1080/01431169008955028
- [5] SOBRINO J A, CASELLES V. A methodology for obtaining the crop temperature from NOAA-9 AVHRR data[J]. International Journal of Remote Sensing, 1991, 12: 461-475. DOI: 10.1080/01431169108955280
- [6] COLL C, CASELLES V. On the atmospheric dependence of the split-window equation for land temperature[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15: 105-122. DOI: 10.1080/01431169408954054
- [7] FRANCA G B, CRACKNELL A P. Retrieval of land and sea surface temperature using NOAA-11 AVHRR data in north-eastern Brazil[J]. International Journal of Remote Sensing, 1994, 15:695-712. DOI:10.1080/014311694089542 01

- [8] WAN Z, DOZIER J. A generalized split-window algorithm for retrieving land- surface temperature from space [J]. IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 1996, 34: 892-905. DOI: 10.1109/36.508406
- [9] YU Y, TARPLEY D, PRIVETTE J L, *et al.* Developing algorithm for operational GOES-R land surface temperature product[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2009, 47(3): 936-951. DOI: 10.1109/TGRS.2008.2006180
- [10] CHEN Hanyue. Comparison of LST retrieval precision and sensitivity analysis between two split-window algorithms [D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2010. [陈瀚阅. 劈窗算法陆表温度反演精度比较与敏感性分析[D]. 福州: 福建师范大学, 2010.]
- [11] YU Y, PRIVETTE J L, PINHEIRO A C. Evaluation of split-window land surface temperature algorithms for generating climate data records[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2007, 46(1): 179-192. DOI: 10.1109/TGRS.2007.909097
- [12] MA Xiaogang. Optimization of vegetation emissivity scheme and Land Surface Temperature simulation over the Tibetan Plateau in CLM [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2021. [马小刚. CLM中植被发射率方案的发展及其对青藏高原地表温度的模拟[D]. 杨陵: 西北农林科技大学, 2021.]
- [13] WANG H, YU Y, YU P, *et al.* Land surface emissivity product for NOAA JPSS and GOES-R missions: Methodology and evaluation[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2020, 58(1): 307-318. DOI: 10.1109/TGRS.2019.2936297

The Impact of Land Surface Emissivity on the Retrieval of Land Surface Temperature from Thermal Remote Sensing Data

CAO Guangzhen¹, MIN Min², HOU Peng³

(1. Key Laboratory of Radiometric Calibration and Validation for Environmental Satellites, FengYun Meteorological Satellite Innovation Center (FY-MSIC), China Meteorological Administration (LRCVES/CMA), Beijing 100081, China;

2. School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-Sen University, Zhuhai 519082, China;

3. State Environmental Protection Key Laboratory of Satellite Remote Sensing, Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection of People's Republic of China, Beijing 100094, China)

Abstract: Land Surface Emissivity (LSE) is a key parameter that measures the ability of the object surface to release energy in the thermal radiation. And it plays an important role in Land Surface Temperature (LST) retrieval from the thermal remote sensing data. To evaluate the effect of Land Surface Emissivity (LSE) on the retrieval of Land Surface Temperature (LST), firstly three groups of Gaussian distribution randoms with different mean and standard deviation values are generated to present the noises of the LSE products. Secondly the well-known Split Window Algorithm (SWA) is selected to retrieve LST with the Advanced Himawari Imager (AHI) data and LSE products added the Gaussian distribution noises. Finally LST difference between retrieved by inputting LSE with noises and that without noise under different conditions (single temporal LST, multi-temporal LST, averaged LST, LST of different water vapor contents and different sensor zenith angles, LST of different land covers) are analyzed. Our study shows that the retrieved LST will be smaller when LSE with noises is input into the SWA; The bigger the noise's standard deviation is, the bigger the LST difference's standard deviation will be; When the noise's standard deviation is 0.01, the standard deviation of the LST difference in day, night and daily average is 0.48 K, 0.52 K and 0.34 K relatively. While when the noise's standard deviation is 0.03, the standard deviation of the LST difference in the three different time is 1.46 K, 1.57 K and 0.88 K. At conditions of different water vapor contents and different sensor zenith angles, the results show that the correlation coefficient between the LST retrieved with LSE added noise and that without noise will be smaller with the bigger of the added noise, while the root mean squared error and standard deviation will be bigger with the bigger of standard deviation of the added noise. The bias value is less than 0, and its absolute will be smaller with the bigger of standard deviation of the added noise. As for different land covers, when the noise's standard deviation of LSE is 0.01, the LST difference's standard deviation for woody savannas, open shrubland and savannas is 0.52 K, 0.51 K and 0.53 K separately; When the noise's standard deviation is 0.03, the LST difference's standard deviation for them is 1.58 K, 1.53 K and 1.6 K.

Key words: Land surface emissivity; Land surface temperature; Gaussian distribution noises; The split window algorithm