doi: 10.6046/gtzyyg.2020066
引用格式: 范嘉智,罗宇,谭诗琪,等. 基于 FY-3C/MWRI 的湖南省地表温度遥感反演评价[J]. 国土资源遥感,2021,33(1):249-255. (Fan J Z, Luo Y, Tan S Q, et al. Accuracy evaluation of the FY-3C/MWRI land surface temperature product in Hunan Province[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2021, 33(1):249-255.)

基于 FY-3C/MWRI 的湖南省地表温度遥感反演评价

范嘉智[1,2], 罗 宇[1], 谭诗琪[3], 马 雯[4], 张弘豪[5], 刘富来[2]
(1. 中国气象局气象干部培训学院湖南分院,长沙 410125; 2. 气象防灾减灾湖南省重点实验室,长沙 410118; 3. 湖南省气象服务中心,长沙 410118; 4. 广东省阳江市应急指挥平台技术中心,阳江 529500; 5. 广东省阳江市气象局,阳江 529500)

摘要: 遥感反演陆表温度在气候、水文、生态等领域发挥着重要作用,微波遥感具有范围大、全天候的优势,在大尺度上验证国产卫星地温产品的可靠性意义重大。基于风云 3C(FY-3C)微波地温产品,结合湖南省 97 个地面观测站地温数据,探究微波反演地温精度及其影响因素。结果显示: 湖南省遥感地温产品与实测间平均绝对误差、均方根误差、决定系数、相对误差分别为 6.54℃,8.88℃,0.57 和 0.29%,其中升轨(夜间)优于降轨(日间)、南部优于北部,洞庭湖区最差。遥感反演地温精度在温度较低时精度较高,但普遍存在低估现象,其精度与各站点平均地温呈线性相关,多数情况下与 MODIS 产品具有可比性。反演产品精度随海拔升高而提高,且因季节而有所差异,在一致性较强站点能够准确捕捉地温的时间序列波动。根据分析结果改进 FY-3C 微波地温反演算法,可进一步提升地温产品的反演精度及适用性。

关键词: 风云三号 C 星; 微波成像仪; 遥感反演; 地表温度; 精度评价
中图法分类号: P 407.7 **文献标志码**: A **文章编号**: 1001-070X(2021)01-0249-07

0 引言

陆表温度(land surface temperature, LST)是地气交换系统中的关键变量之一,对反映地表与大气间多种相互作用及能量通量具有重要意义[1,2],是气候、水文、生态和生物地球化学以及农业生产研究中的关键参量[3,4]。

LST 具有明显的时空差异性,传统的地面观测方法只能获取单点数据,无法满足区域尺度研究及应用的需求[5]。而遥感探测技术提供了获取该数据的新途径,利用微波成像仪亮度温度探测数据结合反演方法可以得到区域乃至全球尺度上的 LST 数据[6],且相对于其他光学遥感方式,微波遥感对于云层甚至雨区具有穿透性,可全天时获取地表辐射信息[7],因此利用微波遥感探测数据反演获取区域 LST 数据具有独特优势[8,9]。

目前广泛使用的星载微波辐射计有美国国防气象卫星(Defense Meteorological Sate-llite Program, DMSP)卫星搭载的 7 通道线极化被动微波辐射器(Special Sensor Microwave/Image, SSM/I)、美国 Aqua 卫星搭载的高级微波扫描辐射计(Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System, AMSR-E)、美国 Coriolis 卫星搭载的螺旋微波反射器(Windsat)、中国风云三号卫星搭载的微波成像仪(Microwave Radiation Imager, MWRI)以及日本全球环境变化观测卫星(Global Change Observation Mission 1st-Water, GCOM-W1)搭载的高性能微波辐射计-2(Advanced Microwave Scanning Radiometer 2, AMSR-2)等[6]。作为中国自行研制的第二代极轨气象卫星,风云 3C 卫星(FY-3C)搭载的 MWRI 传感器获取的探测数据提高了我国在天气预报、气候变化、农业、交通、航运等领域的观测能力。国家卫星气象中心已经提供了 FY-3C/MWRI 2014 年 5 月 29 日至今的陆表温度日产品,但目前仍缺乏对该产品的验证研究[10]。

本文利用湖南省 97 个地面观测站地表温度观测数据对 2019 年 FY-3C 陆表温度日产品进行验证分析。本研究可为风云极轨卫星陆表温度产品在湖南省的可用性提供参考,为不同季节、海拔、站点

收稿日期: 2020-03-16; **修订日期**: 2020-06-05
第一作者: 范嘉智(1992-),男,理学硕士,工程师,主要从事农业气象、农业遥感方面的研究。Email: fjz92419@hotmail.com。
通信作者: 刘富来(1963-),男,高级工程师,主要从事生态和农业气象研究和服务应用。Email: Liufl10126@126.com。

温度条件等要素对 LST 反演精度的影响及风云卫星陆表温度产品的发展提供依据。

1　研究区概况及数据源

1.1　研究区概况

湖南省介于 24°38′～30°08′N,108°47′～114°15′E 之间,全省面积 21.18 万 km^2,处于云贵高原向江南丘陵和南岭山脉向江汉平原过渡的地带,省内南高北低三面环山,地理位置特殊[11]。湖南为大陆性亚热带季风湿润气候,光、热、水资源丰富但年内变化大、垂直变化明显(图 1)。

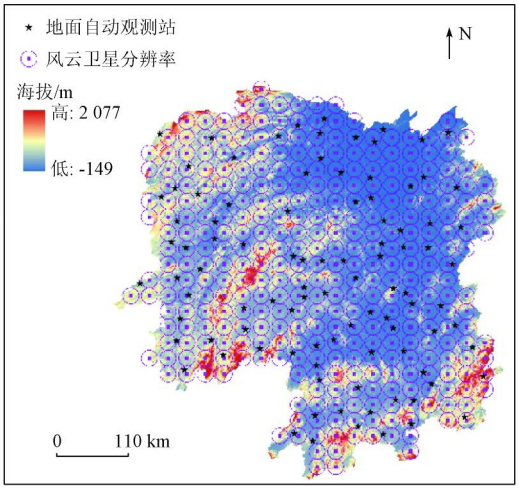


图 1　湖南省地形、FY－3C 遥感观测格网及地面观测站分布图

Fig. 1　The geography, the footprints of FY－3C and ground observation station located in Hunan province

1.2　遥感数据

研究中所使用的遥感数据为 FY－3C 微波成像仪(MWRI)陆表温度日产品(http://satellite.nsmc.org.cn),FY－3C 是我国第二代极轨卫星,2013 年 9 月发射,其目标是实现全球大气和地表物理要素的全天候、多光谱和三维观测。FY－3C 荷载的 MWRI 可探测地球表面 10.65～89 GHz 共 10 个极化通道亮温数据,各通道对地观测空间分辨率依频率变化(表 1)。

表 1　FY－3C 微波辐射计探测信息[12]

Tab. 1　Introduction to the microwave radiation imager channels

频率/GHz	极化形式	带宽/GHz	灵敏度/K	地面分辨率/(km×km)	像元大小/(km×km)
10.65	垂直/水平	180	0.5	51×85	40×11.2
18.7	垂直/水平	200	0.5	30×50	40×11.2
23.8	垂直/水平	400	0.8	27×45	20×11.2
36.5	垂直/水平	900	0.5	18×30	20×11.2
89	垂直/水平	4600	1	9×15	10×11.2

MWRI 陆表温度日产品包含各通道亮度温度日平均投影结果和全球陆表温度日平均升轨、降轨投影结果及过境时间,过境湖南省的升轨时间为世界时 12—15 时,降轨时间为世界时 1—3 时,反演算法采用了基于土地覆盖分类的多通道回归模型,投影方式为 EASE－GRID(Equal Area Scalable Earth－GRID),分辨率为 25km,遥感数据级别为 Level－2,研究中使用了该产品 2019 年 1 月 1 日—2019 年 12 月 31 日的数据。

1.3　地面观测数据

地表温度观测数据为中国气象局地面气象观测站自动观测的地面温度小时数据,数据来源于全国综合气象信息共享平台(China Integrated Meteorological Information Sharing System, CIMISS)。观测仪器为 4 线制铂电阻温度计,其原理为铂电阻的电阻值会随温度升高而增大,数据单位为摄氏度,量程为－50～80 ℃,分辨率为 0.1 ℃,误差为 ±0.2 ℃。数据包括世界时 2019 年 1 月 1 日 0 时—2019 年 12 月 31 日 23 时湖南省共 97 个国家级自动观测站地表温度小时数据。

1.4　数据预处理

FY－3C 陆表温度数据为 HDF 格式,本研究利用 R 语言程序对其进行提取、投影转换和截取,获得湖南省内 25 km 分辨率升轨、降轨陆表温度日数据及过境时间。MWRI 观测分辨率约为 0.26×0.26 个经纬度,每个观测点中心到边界的距离即为 0.13 个经纬度。研究以 97 个地面观测站为中心,取 0.15 个经纬度作为中心到边界的距离,筛选出范围内最近的遥感观测点作为地面观测数据对比的遥感数据点。将对应观测点升轨和降轨遥感地温与该过境时间下地面观测的地表温度转为摄氏温度一一对应,对 2019 年遥感观测和地面观测均未缺测的日数进行对比分析。

2　数据指标评估

为全面评估 FY－3C 遥感陆表温度产品在湖南省的可靠性和准确性,研究选用决定系数(R^2)、均方根误差(RMSE)、平均绝对误差(MAE)和相对误差(RE)作为评价指标进行分析。计算公式分别为:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (T_i^{MWRI} - T_i^{obs})^2}{\sum_i (\bar{T}_i^{obs} - T_i^{obs})^2}, \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} (T_i^{obs} - T_i^{MWRI})^2}, \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} |T_i^{obs} - T_i^{MWRI}|, \quad (3)$$

$$RE = \frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}|T_i^{obs} - T_i^{MWRI}|}{\bar{T}_i^{obs}}, \quad (4)$$

式中: T^{MWRI} 为遥感陆表温度,℃; T^{obs} 为地面观测的地表温度,℃; m 为每个对比点二者均不缺测的数据数; $\bar{T}^{obs}$ 为地面观测地表温度的平均值,℃; R^2 为相关系数的二次幂,用于表征数值间的离散程度; *RMSE*(℃)可以评估遥感陆表温度与地面观测值之间的偏差,其值越小,表明遥感反演的准确率越高; *MAE*(℃)为绝对误差的平均值,可以反映遥感温度与真实温度差异的实际情况; *RE*(%)可以用于反映遥感反演陆表温度的可信程度。综合来说,R^2 值越大,*RMSE*,*MAE*,*RE* 值越小,说明遥感温度与实测温度越接近,利用遥感产品替代实测序列的潜在能力越高。

3　结果与分析

3.1　总体分析

经数据处理,97 个地面观测站中有 4 个站对应的 FY-3C 遥感观测点全年数据缺测,分别是岳阳站、桃江站、沅江站和赫山站,其他各对应点 2019 年遥感产品和地面观测数据均不缺测,平均每站点升轨数据 176 条,降轨数据 166 条,FY-3C 地温产品总体可信度较高,其中升轨数据明显优于降轨(表 2)。

表 2　FY-3C 地温产品与地面观测间误差参数

Tab. 2　The error parameters in land surface temperature of FY-3C with observation

数据源	数据量	*MAE*/℃	*RMSE*/℃	R^2	*RE*/%
整体数据	31 938	6.54	8.88	0.57	0.29
升轨数据	16 329	3.18	4	0.80	0.16
降轨数据	15 609	10.06	12.03	0.65	0.39

由数据对比图(图 2)可知,湖南省遥感地温与观测地温总体相近,但散点图上数据点普遍偏向 $y=x$ 线的左侧,由此可知,遥感反演易低估地面温度,而这一现象主要源自于降轨数据对总体的影响。数据中极少数高估地面温度的离群点也源自于降轨数据(图 2(a)),但均来自不同地面观测点,遥感产品中大于 34.5 ℃的值其实测地温均低于 20 ℃,为异常高估点。

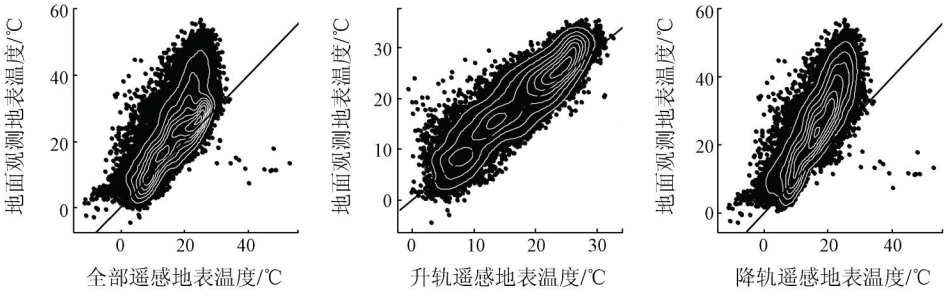


图 2　观测地温与遥感地温对比图

Fig. 2　The scatter diagram of land surface temperature from observation station and remote sensing

湖南省西部和东南部 FY-3C 地温产品与地面观测间相关性较高(图3),总体自南向北相关性逐

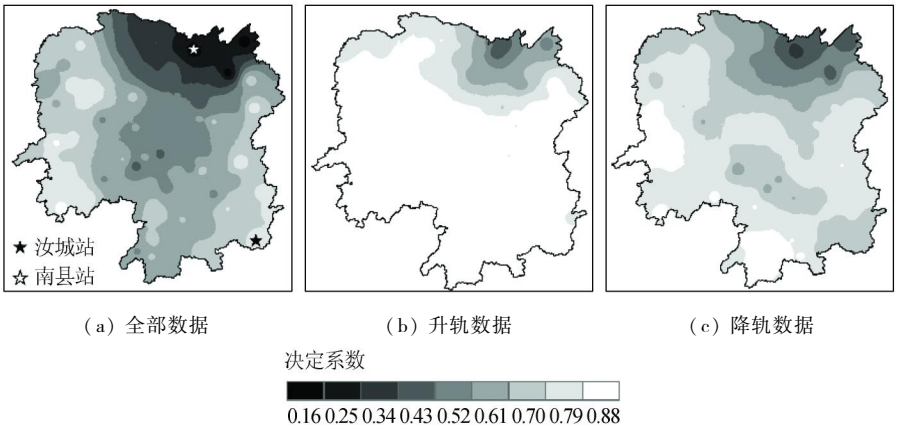


图 3　FY-3C 地温产品与地面观测间决定系数分布图

Fig. 3　The distribution of determination coefficient in land surface temperature from FY-3C and observation

渐降低,决定系数最大值为怀化市通道站的 0.85,最小值为益阳市南县站的 0.12。在湖南省大部分地区升轨数据与地面实测一致性较强,降轨数据则在西部和南部表现较好,在东北部洞庭湖区遥感反演温度与地面实测相关性较弱。

3.2　海拔和季节因子对遥感地温精度影响分析

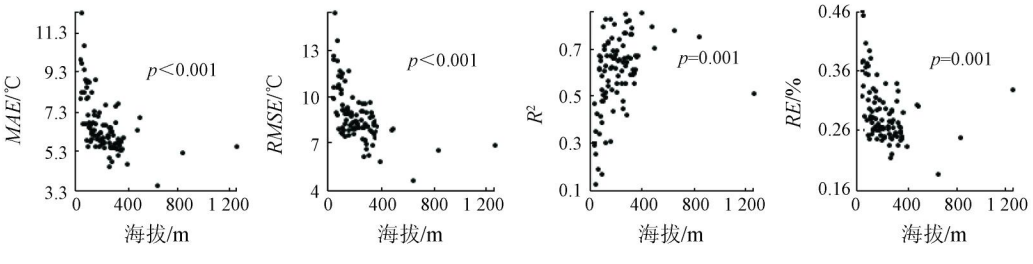
湖南省地面站海拔普遍在 400 m 以下,400 m 以上仅有 5 个站点,其中最高海拔 1 265 m,400 m 以上站点遥感地温精度略高于 400 m 以下站点。

经相关性分析,遥感地温与实测间误差系数与海拔间呈显著相关,随着海拔的升高,遥感反演地温准确性提高。不同季节对遥感探测的地温有较大影响,其中春季和秋季表现最好,遥感地温与实测一致性较强;夏季表现最差,R^2 仅为 0.11,遥感地温与实测间差异较大且普遍偏低;冬季遥感探测数据量最少,大多数数据较为一致,但对地温严重高估的数个离群点均出现在冬季(表 3、图 4 和图 5)。

表 3　海拔和季节对遥感地温精度的影响

Tab.3　The influence of altitude and season on the precision of land surface temperature from remote sensing

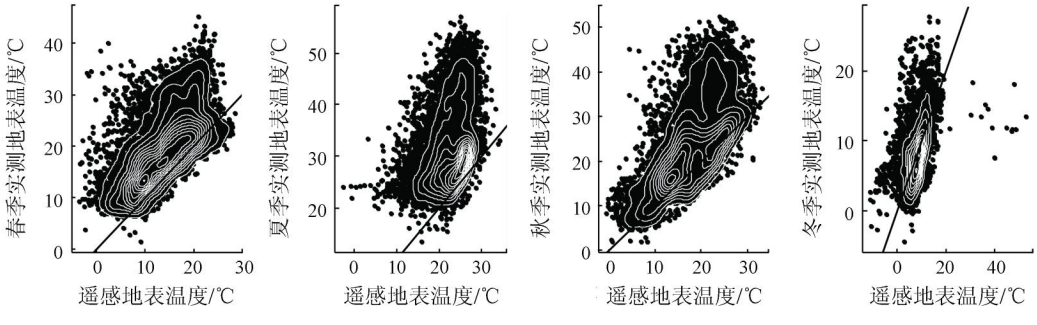
海拔和季节	数据量	*MAE*/℃	*RMSE*/℃	R^2	*RE*/%
400 m 以上站点	1 770	5.46	6.78	0.66	0.27
400 m 以下站点	30 168	6.61	8.99	0.57	0.29
春季	8 752	6.05	7.82	0.39	0.31
夏季	9 778	8.74	11.07	0.11	0.28
秋季	9 326	6.19	8.67	0.41	0.27
冬季	4 082	3.16	4.58	0.21	0.37



(a) *MAE* 与海拔　(b) *RMSE* 与海拔　(c) R^2 与海拔　(d) *RE* 与海拔

图 4　误差系数与海拔间散点图

Fig.4　The variation of error parameters with station altitude



(a) 春季对比　(b) 夏季对比　(c) 秋季对比　(d) 冬季对比

图 5　不同季节遥感地温与实测间对比图

Fig.5　The comparison of land surface temperature in remote sensing and observation in different sensons

3.3　精度最优、最差站点升、降轨地温时间序列分析

在所有站点中,*MAE*,*RMSE*,R^2 和 *RE* 的最差值均出现在益阳市南县站,除 R^2 外其他参数最优值出现在郴州市汝城站(表 4)。

表 4　一致性最优与最差站点的参数

Tab.4　The error parameters in stations of best and worst consistency

站点	数据量	*MAE*/℃	*RMSE*/℃	R^2	*RE*/%
益阳市南县站	271	12.3	15.46	0.12	0.45
郴州市汝城站	386	3.59	4.58	0.78	0.18

南县站作为遥感地温与实测偏差一致性最差的站点,在升轨和降轨探测中普遍存在低估地温的现象,降轨产品对于地温的低估相对于升轨产品更甚(图 6(a),(c))。在湖南省遥感地温产品精度最高的汝城站时序图中可以得出,微波遥感地温产品具有捕捉地温非线性变化的能力,虽然数值上仍有少许低估,但相对升轨探测而言降轨探测产品的低估较不明显,但存在一个异常值(图 6(b),(d))。

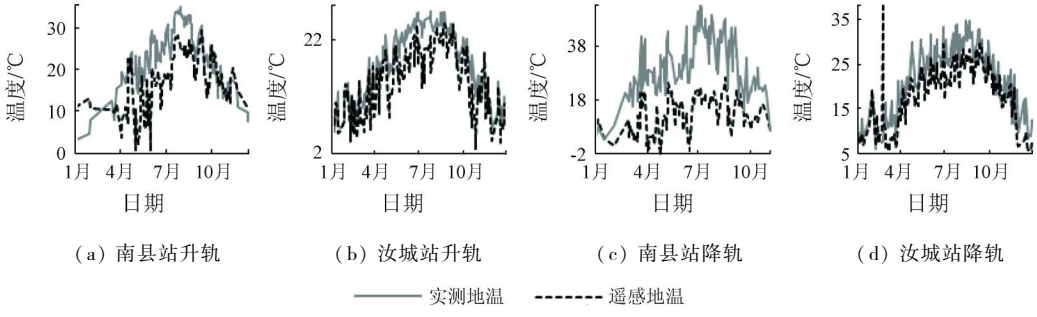


图 6　南县站与汝城站遥感与实测地温升、降轨时序图

Fig. 6　The time series diagram of land surface temperature from remote sensing and observation in Nanxian and Rucheng station

3.4　地面气候条件对遥感地温产品精度的影响分析

根据前文分析,微波遥感探测产品在绝大多数温度水平下精度较高,但对于较高的温度而言,遥感产品精度会有所下降。因此将本研究数据中各站点实测地温平均值及误差系数作图,分析遥感地温产品在各地面气候环境下的精度。由散点图可发现(图 7),随着站点年均温上升,遥感探测产品精度呈线性下降,平均温度在 25℃ 以上的站点,遥感地温与实测间差异明显。

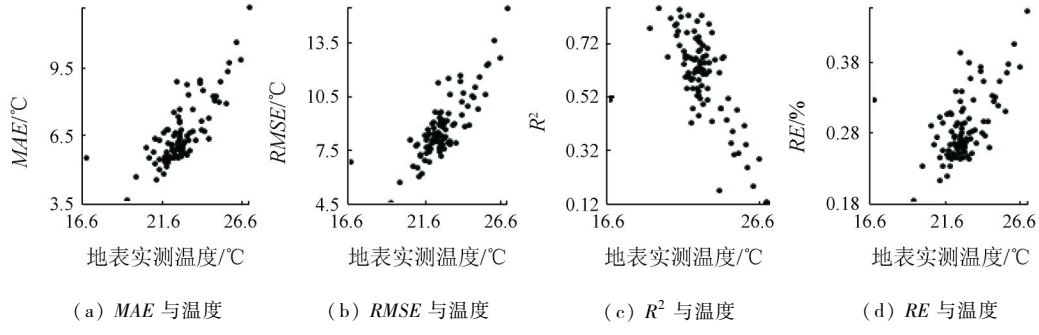


图 7　误差系数随站点均温变化散点图

Fig. 7　The variation of error parameters with mean land surface temperature in station

4　结论

基于遥感探测技术获取的地表温度产品已被广泛应用于气候、生态、水文等领域[13-15]。本研究基于 FY-3C(MWRI)地表温度日产品结合地面观测站实测温度,分析了地温产品在湖南省的准确性及多种因素对其误差的影响。

1)FY-3C MWRI 地表温度日产品在湖南省具有一定可信度,但低估现象普遍存在。一致性较高的站点精度优于 MODIS 产品,但其精度随区域变化较大,特别是降轨数据精度较差,不及 MODIS 产品稳定[15-16]。一致性较低的站点主要集中在洞庭湖周边区域,未来仍需结合水面反射特性进一步优化反演算法。

2)微波遥感探测的优势之一在于可以全天时获取地面探测数据,分析结果也可体现出夜间(升轨)探测地温精度优于日间(降轨)探测,这一结果与 MODIS 探测产品一致[16]。该现象可能与日间地温变化幅度较大相关,地表温度较高时,微波探测地温低估严重,甚至不存在遥感地温大于 34.5 ℃的正常值点。

3)温度较低时,遥感地温产品精度有所提升。海拔升高带来的温度降低可能是高海拔地区精度较高的原因; 同样因为不同季节的温度差异导致夏天遥感地温产品精度最差,春、秋季较好,冬季则因异常点较多导致精度较差。这一结论同样可以解释遥感地温的精度随站点环境温度上升而下降的现象。

4)遥感地温产品精度随地面站点年均温呈线性变化。在高精度站点的时序图中可以看出,微波遥感探测产品具有捕捉地温非线性变化的能力,若能就分析结果改进算法,提升低精度站点的遥感反演能力,微波地温产品甚至可以在缺乏实测数据时替代使用。

风云三号作为我国自主研发的国产卫星,其地温产品在气候、水文、生态方面有诸多重要的研究和应用,探究大尺度下地温产品的适用性,有助于优化反演算法,提升产品质量,为国产卫星遥感探测资料的广泛应用打下坚实的基础。

参考文献(References):

[1] Mannstein H. Surface energy budget, surface temperature and thermal inertia[J]. Remote Sensing Applications in Meteorology and Climatology: Springer, 1987: 391 - 410.

[2] Sellers P, Hall F, Asrar G, et al. The first ISLSCP field experiment (FIFE)[J]. 1988, 69(1): 22 - 27.

[3] 吴 迪,陈 健,石 满,等. 基于 Savitzky - Golay 滤波算法的 FY - 2F 地表温度产品时间序列重建[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(2): 59 - 65. doi: 10.6046/gtzyyg.2019.02.09.
Wu D, Chen J, Shi M, et al. Reconstruction of land surface temperature time - series datasets of FY - 2F based on Savitzky - Golay filter[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2019, 31(2): 59 - 65. doi: 10.6046/gtzyyg.2019.02.09.

[4] 孟翔晨,刘 昊,程 洁. 基于 FY - 2F 数据的中国区域地表温度日变化模型评价及特征研究[J]. 遥感学报, 2019, 23(4): 570 - 581.
Meng X C, Liu H, Cheng J. Evaluation and characteristic research in diurnal surface temperature cycle in China using FY - 2F data [J]. Journal of Remote Sensing, 2019, 23(4): 570 - 581.

[5] Quan W, Chen H, Han X, et al. Validation of the modified Becker's split - window approach for retrieving land surface temperature from AVHRR[J]. Journal of Meteorological Research, 2015, 29(5): 823 - 836.

[6] 吴 莹,姜苏麟,王振会. 无线电频率干扰对 MWRI 资料反演地表温度的影响[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(4): 90 - 96. doi: 10.6046/gtzyyg.2018.04.14.
Wu Y, Jiang S L, Wang Z H. Effect of radio - frequency interference on the retrieval of land surface temperature from microwave radiation imager[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018, 30(4): 90 - 96. doi: 10.6046/gtzyyg.2018.04.14.

[7] 施建成,杜 阳,杜今阳,等. 微波遥感地表参数反演进展[J]. 中国科学:地球科学, 2012, 42(6): 814 - 842.
Shi J C, Du Y, Du J Y, et al. Progresses on microwave remote sensing of land surface parameters[J]. Scientia Sinica (Terrae), 2012, 55: 1052 - 1078.

[8] 周芳成,宋小宁,李召良. 地表温度的被动微波遥感反演研究进展[J]. 国土资源遥感, 2014, 26(1): 1 - 7. doi: 10.6046/gtzyyg.2014.01.01.
Zhou F C, Song X N, Li Z L. Progress of land surface temperature retrieval based on passive microwave remote sensing[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2014, 26(1): 1 - 7. doi: 10.6046/gtzyyg.2014.01.01.

[9] 刘 晶,马红章,杨 乐,等. 基于被动微波的地表温度反演研究综述[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(6): 812 - 821.
Liu J, Ma H Z, Yang L, et al. A survey of surface temperature retrieval by passive microwave remote sensing[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(6): 812 - 821.

[10] 王亚维,宋小宁,唐伯惠,等. 基于 FY - 2C 数据的地表温度反演验证——以黄河源区玛曲为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(4): 68 - 72. doi: 10.6046/gtzyyg.2015.04.11.
Wang Y W, Song X N, Tang B H, et al. Validation of FY - 3C derived land surface temperature over the source region of the Yellow River: A case study of Maqu County[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(4): 68 - 72. doi: 10.6046/gtzyyg.2015.04.11.

[11] 廖玉芳,彭嘉栋,郭 庆. 湖南气候对全球气候变化的响应[J]. 大气科学学报, 2014, 37(1): 75 - 81.
Liao Y F, Peng J D, Guo Q. Response of Hunan climate to global climate change[J]. Trans Atmos Sci, 37(1): 75 - 81.

[12] Zhu Y, Li X, Pearson S, et al. Evaluation of Fengyun - 3C soil moisture products using in - situ data from the Chinese automatic soil moisture observation stations: A case study in Henan Province, China[J]. 2019, 11(2): 248.

[13] Dousset B, Gourmelon F. Satellite multi - sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2003, 58(1/2): 43 - 54.

[14] 张扬建,范春捆,黄 珂,等. 遥感在生态系统生态学上应用的机遇与挑战[J]. 生态学杂志, 2017, 36(3): 809 - 823.
Zhang Y J, Fan C K, Huang K, et al. Opportunities and challenges in remote sensing applications to ecosystem ecology[J]. Chinere Journal of Ecology, 2017, 36(3): 809 - 823.

[15] 胡泽银,王世杰,白晓永,等. 贵州省地表温度的遥感反演评价及时空分异规律[J]. 生态学杂志, 2018, 37(9): 2794 - 2807.
Hu Z Y, Wang S J, Bai X Y, et al. Remote sensing retrieval and spatial - temporal differentiation of land surface temperature in Guizhou Province[J]. Chinese Journal of Ecology, 2018, 37(9): 2794 - 2807.

[16] 邹德富,赵 林,吴通华,等. MODIS 地表温度产品在青藏高原连续多年冻土区的适用性分析[J]. 冰川冻土, 2015, 37(2): 308 - 317.
Zou D F, Zhao L, Wu T H, et al. Assessing the applicability of MODIS land surface temperature products in continuous permafrost regions in the central Tibetan Plateau[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2015, 37(2): 308 - 317.

Accuracy evaluation of the FY - 3C/MWRI land surface temperature product in Hunan Province

FAN Jiazhi[1,2], LUO Yu[1], TAN Shiqi[3], MA Wen[4], ZHANG Honghao[5], LIU Fulai[2]

(1. *China Meteorological Administration Training Centre Hunan Branch*, *Changsha* 410125, *China*; 2. *Key Laboratory of Hunan Province for Meteorological Disaster Prevention and Mitigation*, *Changsha* 410118, *China*; 3. *Hunan Meteorological Service Center*, *Changsha* 410118, *China*; 4. *Yang Jiang Emergency Command Platform Technology Center*, *Yangjiang* 529500, *China*; 5. *Yangjiang Meteorological Bureau*, *Yangjiang* 529500, *China*)

Abstract: Land surface temperature (LST) retrieved from remote sensing plays an important role in climatology,

hydrology, ecology and other fields, and microwave detection has the wide range and all-weather advantages. It is of great significance to verify the reliability of LST products from domestic satellite on a large scale. Based on the microwave LST product of Fengyun 3C combined with ground surface temperature observed from 97 meteorological stations in Hunan Province, the authors explored the accuracy of microwave inversion and its influencing factors. The results show that the mean absolute error, the root mean squared error, the coefficient of determination, the relative error between LST product and observed data is 6.54℃, 8.88℃, 0.57 and 0.29% respectively, the accuracy of ascending (nighttime) and the south is better than that of descending (daytime) and the north, and the worst consistency is around Dongting Lake. The LST product is of high precision in low temperature but with general underestimation, the accuracy is linearly correlated with the average temperature of each site, and in most cases it is comparable with MODIS products. The precision of LST product increases with the altitude, and varies with seasons, the time series fluctuation of ground temperature can be accurately captured at the sites with strong consistency. According to the analysis results, the inversion accuracy and applicability of LST product could be improved by modifying the retrieval algorithm in the future.

Keywords: FengYun-3C; microwave radiation imager; remote sensing retrieval; land surface temperature; accuracy evaluation

(责任编辑: 李 瑜)