

# 全天候高空间分辨率地表温度：验证及应用

周纪<sup>1</sup>, Frank-M. Göttsche<sup>2</sup>, 马晋<sup>1</sup>, 唐文彬<sup>1</sup>, Lluís Perez-Planells<sup>2</sup>, Joao Martins<sup>3</sup>, 张文江<sup>4</sup>, 段济开<sup>1</sup>

1 电子科技大学资源与环境学院

2 Institute of Meteorology and Climate Research, Karlsruhe Institute of Technology

3 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

4 四川大学水利水电学院

地表温度 (Land Surface Temperature, LST) 是地球能量循环中的一个关键参数, 对于理解地表与大气之间的相互作用至关重要。本摘要对龙计划 5 期项目“全天候高空间分辨率地表温度：验证及应用 (59318)”进行了总结, 包括 (1) 全天候 LST 数据集的研制; (2) LST 验证方法的完善; 以及 (3) 全天候 LST 的应用。

全天候 LST 数据集方面: 项目组在方法探索和数据集生成方面进行了研究。在反演方法方面, 传统的全天候 LST 通常从被动微波亮温中反演而得。然而, 受到卫星轨道间隙和空间分辨率的限制, 获得真正意义上的全天候 LST 较为困难。因此, 研究团队进行了一系列研究, 例如从被动微波亮温反演[1]、被动微波数据的条带填补[2]以及将被动微波/再分析资料与热红外 LST 的融合[3], [4]等。在此基础上, 项目组研制了 2000-2022 年中国陆地及周边区域的全天候 LST 数据集, 即 TRIMS LST [5], 该数据集的空间分辨率为 1 公里, 时间分辨率为逐日四次观测。此外, 项目组中方成员将集成方法扩展到风云静止气象卫星[6], [7], 使得基于历史存档资料和近实时数据集获取高时间分辨率全天候 LST 数据集成成为可能。项目组欧方成员将从欧洲静止气象卫星 (MSG/SEVIRI) 反演的晴空 LST 与地表能量平衡模型估算的 LST 进行整合, 以填补由云覆盖造成的空缺, 并生成逐小时全天候 LST 数据集, 即 MLST-AS[8]。

LST 验证方面: 除了全天候 LST 检索和生成的验证之外, 项目组还对这两个全天候 LST 数据集开展了专题验证[9]。结果显示, 对于陆地站点, MLST-AS 展示了更好的准确性, 其均方根误差 (RMSE) 为 1.6-2.1K, 而 TRIMS LST 的 RMSE 为 1.9-3.1 K; 与非晴朗天气条件相比, 两个数据集在所有站点的晴朗天气条件下均展示了更高的 LST 准确性。同时, 基于在 Gobabeb 气象站的长期现场 LST 的

分析,全面分析了两个全天候地表温度在 Gobabeb 的各种大气和地表条件下的表现[10]。此外,还研究了地面 LST 验证站点在像素尺度上的空间代表性[11]以及近地面大气对基于长波辐射的现场 LST 的影响[12],这为 LST 的验证提供了理论支持。

全天候地表温度(LST)有两方面主要应用领域。一方面是项目团队成员尝试获取更高分辨率的全天候 LST,例如使用 LightGBM 技术将藏东南地区的 TRIMS LST 从 1 km 降尺度到 250 m [13],以及使用地理加权回归和随机森林技术从 1 公里降到 100 米[14]。另外一方面,研究了中国五个主要城市在全天候条件下的实际 SUHI 现象,并发现云层对城市热岛有显著影响,这突显了开发高分辨率全天候 LST 数据的必要性[15]。

总而言之,这些进展不仅增强了我们对 LST 时空变化的理解,而且为全球变化研究提供了宝贵的、连续的 LST 数据资源。我们期待未来在全天候 LST 数据集的构建和应用方面有更多的突破,为天气和气候系统模型的改进以及地球系统科学的发展做出贡献。

## 参考文献

- [1] S. Wang *et al.*, “Estimating Land Surface Temperature from Satellite Passive Microwave Observations with the Traditional Neural Network, Deep Belief Network, and Convolutional Neural Network,” *Remote Sensing*, 2020 12(17): 2691.
- [2] X. Zhang *et al.*, “Estimation of 1-km all-weather remotely sensed land surface temperature based on reconstructed spatial-seamless satellite passive microwave brightness temperature and thermal infrared data,” *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 2020 167: 321–344.
- [3] W. Tang *et al.*, “Near-Real-Time Estimation of 1-km All-Weather Land Surface Temperature by Integrating Satellite Passive Microwave and Thermal Infrared Observations,” *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.*, 2022 19: 1–5.
- [4] X. Zhang *et al.*, “A practical reanalysis data and thermal infrared remote sensing data merging (RTM) method for reconstruction of a 1-km all-weather land surface temperature,” *Remote Sensing of Environment*, 2021 260: 112437.
- [5] W. Tang *et al.*, “TRIMS LST: a daily 1 km all-weather land surface temperature dataset for China’s landmass and surrounding areas (2000–2022),” *Earth Syst. Sci. Data*, 2024 16(1): 387–419.
- [6] L. Ding *et al.*, “Near-Real-Time Estimation of Hourly All-Weather Land Surface Temperature by Fusing Reanalysis Data and Geostationary Satellite Thermal Infrared Data,” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 2023 61: 1–18.
- [7] L. Ding *et al.*, “Reconstruction of Hourly All-Weather Land Surface

- Temperature by Integrating Reanalysis Data and Thermal Infrared Data from Geostationary Satellites (RTG),” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 2022 60: 1–17.
- [8] J. P. A. Martins *et al.*, “An All-Weather Land Surface Temperature Product Based on MSG/SEVIRI Observations,” *Remote Sensing*, 2019 11(24): 3044.
- [9] Y. Meng *et al.*, “Investigation and validation of two all-weather land surface temperature products with in-situ measurements,” *Geo-spatial Information Science*, 2023.
- [10] F.-M. Göttsche *et al.*, “Validation of Satellite-Retrieved Land Surface Temperature (LST) Products at Gobabeb, Namibia,” *Journal Namibia Scientific Society*, 2022 69.
- [11] J. Ma *et al.*, “Continuous evaluation of the spatial representativeness of land surface temperature validation sites,” *Remote Sensing of Environment*, 2021 265: 112669.
- [12] J. Ma *et al.*, “An atmospheric influence correction method for longwave radiation-based in-situ land surface temperature,” *Remote Sensing of Environment*, 2023 293: 113611.
- [13] Z. Huang *et al.*, “Toward the method for generating 250-m all-weather land surface temperature for glacier regions in Southeast Tibet,” *National Remote Sensing Bulletin*, 2021 25(8): 1873–1888.
- [14] L. Ding *et al.*, “A Spatial Downscaling Approach for Land Surface Temperature by Considering Descriptor Weight,” *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.*, 2023 20: 1–5.
- [15] Y. Liao *et al.*, “Surface urban heat island detected by all-weather satellite land surface temperature,” *Science of The Total Environment*, 2022 811: 151405.