

武汉市主城区热环境时空演变特征研究

高洋洋 李朋轩

中煤航测遥感集团有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i6.1868

[摘要] 城市热环境的变化对城市可持续发展及居民生活质量具有重要影响。本文利用Google Earth Engine(GEE)平台提供的Landsat 8 OIL/TIRS系列遥感数据,采用改进的单窗算法对武汉市主城区的地表温度进行反演。通过均值-标准差法分析2018-2022年期间的城市热环境时空演变特征,揭示了武汉市城市热岛效应的变化趋势,为城市规划和环境管理提供科学依据。

[关键词] 城市热环境; 空间格局; 武汉市主城区; 地表温度

中图分类号: P184.5+3 文献标识码: A

Research on the temporal and spatial evolution characteristics of the thermal environment
in the main urban area of Wuhan

Yangyang Gao Pengxuan Li

China Coal Aerial Survey and Remote Sensing Group Co., Ltd

[Abstract] Changes in the urban thermal environment have an important impact on the sustainable development of cities and the quality of life of residents. In this paper, we utilize the Landsat 8 OIL/TIRS series remote sensing data provided by the Google Earth Engine (GEE) platform to invert the surface temperature of the main urban area of Wuhan using an improved single window algorithm. The spatial and temporal evolution characteristics of the urban thermal environment during the period 2018-2022 are analyzed by the mean-standard deviation method, which reveals the trend of the urban heat island effect in Wuhan and provides a scientific basis for urban planning and environmental management.

[Key words] Urban thermal environment; Spatial pattern; Wuhan main city; Surface temperature

引言

近年来,随着城市化进程的加快,城市热环境的变化日益引起了学术界和政府部门的广泛关注。城市热岛效应的加剧不仅影响了城市的生态平衡,还对居民的健康、福祉及能源消耗产生了重大影响。武汉市,作为中国中部的一个重要城市,经历了快速的城市化和经济发展,这使得其热环境呈现出复杂的空间和时间变化特征^[1]。

遥感技术在城市热环境监测中具备显著优势,能够提供大范围、高时效的数据,为深入分析城市热岛效应提供了可靠依据。王莹书等人^[2]基于Landsat数据采用辐射方程传输法对兰州市2005-2018年夏季地表温度进行反演并对兰州市热环境时空分布特征及其影响因素进行了分析。结果显示,兰州市热岛效应呈现增强趋势,空间分布呈现“树杈状”特征。孙雨萌等人^[3]采用单窗算法反演地表温度并结合GIS空间分析方法对大连市金州区城市热环境的时空变化特征进行了分析研究。结果显示,中心城区具有明显的热岛效应且其地表温度明显高于城市边缘和郊区。梁建设等人^[4]基于2010年和2020年Landsat遥感影像对

西安都市圈核心区城市热环境时空演变进行监测。结果显示,热岛区蔓延与城市扩张方向一致,分布格局由“东南-西北”向“东北-西南”演变。然而,近年来随着Google Earth Engine(GEE)平台的发展和遥感数据的广泛应用,基于GEE平台的城市热环境定量遥感分析在城市环境研究中得到了广泛应用。GEE平台作为一种强大的遥感数据处理工具,集成了大量的遥感影像和处理算法,极大地简化了地表温度反演研究的流程。

武汉市是中国中部地区的中心城市,拥有丰富的历史文化和经济发展潜力。随着城市化进程的快速推进,武汉市在土地利用、交通运输、建筑密度等方面发生了显著变化,这些变化导致了城市热岛效应的加剧。本研究通过GEE平台,结合GIS空间分析方法对武汉市主城区的城市热环境进行定量分析,研究结果将为城市规划、环境管理及相关政策的制定提供科学依据,帮助决策者理解城市热环境变化对城市可持续发展和居民生活质量的影响,从而促进城市的绿色发展与生态文明建设。

1 研究区概况

武汉地处江汉平原东部、长江中游,市内江河纵横、水系发

达, 拥有丰富的水资源和良好的自然生态环境。气候上, 武汉属于亚热带湿润气候, 四季分明, 夏季湿热, 冬季寒冷, 年均气温约为16℃, 降水量丰富, 主要集中在夏季。本文选定包括江岸、江汉、硚口、汉阳、武昌、青山、洪山区在内的七个行政区组成的主城区为研究区域(图1), 该区域随着近年来的城市化进程迅速, 城市建设不断推进, 高楼大厦、商业中心、工业园区和住宅区相继建成。城市区域的扩张对土地利用、交通、生态环境等产生了深远影响。城市热岛效应在主城区尤为明显, 尤其是在老旧小区和高密度开发区域, 地表温度显著高于周边乡村地区。城市中心区域由于建筑密集、交通繁忙及绿地不足, 地表温度相对较高, 这对城市的可持续发展和居民的生活品质造成了一定影响。

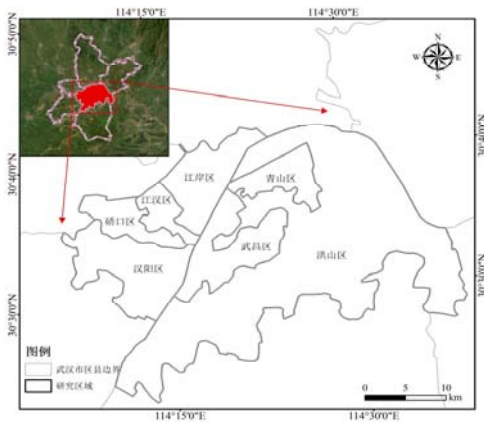


图1 研究区概况

2 数据来源与方法

2.1 GEE平台简介

GEE平台集成了海量的遥感数据, 包括Landsat、MODIS、高分辨率卫星影像及其他多种数据资源, 用户可以方便地获取和使用这些数据进行研究。GEE的云计算架构使得用户无需在本地下载数据, 也能高效处理大规模数据。GEE平台利用强大的云计算能力, 用户可以在服务器上执行复杂的计算任务, 处理速度显著高于传统桌面计算。这对于涉及大范围或时间序列分析的反演地表温度的研究尤为重要, 可以快速实现数据预处理和反演计算。GEE支持通过JavaScript和Python等编程语言进行自动化脚本编写, 这使得用户能够在同一工作流程中进行数据处理、算法应用及结果可视化, 大大提高了研究的效率和便利性。

2.2数据来源

考虑到数据的可获得性, 选择空间分辨率较高(30m)以及时间连续性较好的Landsat系列数据。本研究选取GEE平台提供的2018、2020年、2022年Landsat 8 OI/TIRS遥感数据, 在数据月份选择上集中选择于8-9月, 保证了数据的一致性和结果的可比性。

2.3研究方法

2.3.1地表温度反演模型

地表温度指大气与地表交界处的温度, 除入射太阳辐射强度外, 还与地物的发射辐射和反射辐射有关, 但这三者都受植被覆盖度的影响, 因而都与植被覆盖度密切相关。单窗算法是一种广泛应用于遥感数据处理的地表温度反演方法。该算法基于遥感影像的红外波段反射和辐射传输特性, 通过测量地表辐射温度与气温之间的关系来估算地表温度。在传统单窗算法的基础上, 本文提出了一种改进的单窗算法, 以提高地表温度反演的精度和适用性^[2]。

2.3.2城市热环境计算及界定

由于3幅影像的成像时间存在差异, 直接将反演温度进行比较显然不太合理。本文采用均值-标准差法^[5], 以区域平均温度为基准, 计算目标像元温度值对于区域平均温度的变化大小与同期温度标准差之间的相对关系, 并以此为依据划分相应的温度等级区, 如表1所示。

表1 武汉市主城区地表温度等级划分

温度等级	划分方法
1级(低温区)	$T_s < \mu - std$
2级(次中温区)	$\mu - std = T_s = \mu - 0.5std$
3级(中温区)	$\mu - 0.5std = T_s = \mu$
4级(次高温区)	$\mu = T_s = \mu + 0.5std$
5级(高温区)	$\mu + 0.5std < T_s = \mu + std$
6级(特高温区)	$T_s > \mu + std$

3 结果与分析

3.1武汉市主城区地表温度反演结果

基于改进的单窗算法对2018、2020和2022年3期遥感影像进行反演地表温度, 并利用研究区矢量数据进行裁剪, 成功得到研究区地表温度数据。2018年研究区地表温度的范围为: 27.101-58.700℃, 地表温度平均值为38.220℃, 2020年研究区地表温度的范围为: 20.890-70.906℃, 地表温度平均值为41.554℃, 2022年研究区地表温度的范围为: 26.164-60.844℃, 地表温度平均值为40.259℃。三期影像地表温度反演结果如图2所示。

3.2热环境分级结果

基于GEE平台对武汉市主城区地表温度数据进行反演, 按照“均值-标准差法”对其进行分区, 得到武汉市主城区2018-2022年城市热环境空间格局分布(图3)。整体上, 武汉市主城区的城市热环境呈现出自城市中心向四周递减的空间格局, 2018-2020

年,1级和6级的面积在减少,2级和3级的面积在减少,4级和5级的面积在增加;2020-2022年,1级和4级的面积在增加,2级和6级的面积在减少,3级和5级的面积在增加。

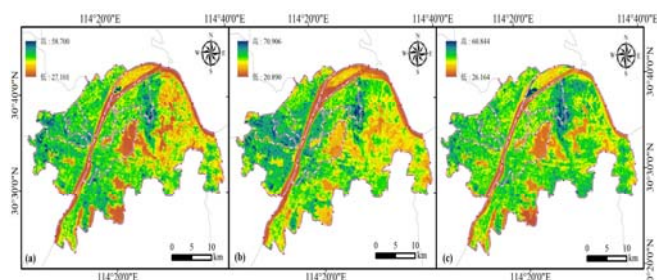


图2 2018、2020和2022年地表温度反演结果图

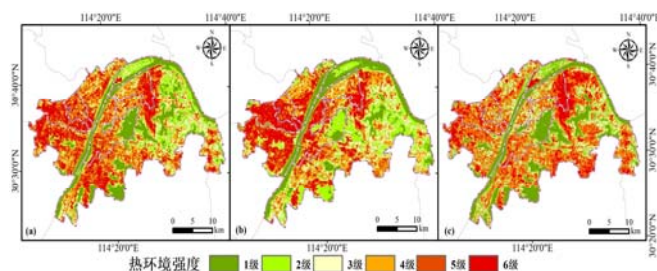


图3 2018、2020和2022年武汉市主城区城市热环境时空分布图

武汉市主城区的热环境主要集中在城市中心区域,其分布模式与城乡建设范围相似。城市热环境呈现出“中心地区温度较高,周边地区相对较低、分布零星”的分布格局。在主城的中心区和各主要城区,形成了高温区和特高温区,这些区域通常是人口和商业活动高度集中的城市建成区,城市热环境在这些地

方尤为明显。而低温区和次中温区则主要位于植被覆盖率较高和水体等区域。这表明,城市土地覆盖变化可能是导致城市热环境变化的重要因素之一。

4 结论

武汉市主城区的热环境分布与城乡建设范围较为相似,呈现出“中间热四周冷,零星分布”的分布格局,即主城的中心区和各主要城区的人口和商业活动高度集中的城市建成区,形成了高温区和特高温区,而低温区和次中温区则主要位于植被覆盖率较高和水体等区域。

[参考文献]

- [1]张德军,杨世琦,祝好,等.重庆市主城都市区热岛效应定量评估[J].应用气象学报,2023,34(1):91-103.
- [2]王莹书,石培基,赵武生,等.兰州市热环境时空特征及影响因素研究[J].生态科学,2022,41(2):59-65.
- [3]孙雨萌.城市热环境空间格局及影响因素分析——以大连市金州区为例[J].国土与自然资源研究,2022,(1):77-79.
- [4]梁建设,白永平,杨雪菡,等.基于多源数据的城市扩张中热环境演变及响应[J].环境科学,2022,43(6):3365-3374.
- [5]黄曦涛,张瑜.西安市城市热岛效应强度定量研究与应用[J].测绘科学,2021,46(9):144-149.

作者简介:

高洋洋(1999--),女,汉族,陕西省韩城市人,本科,助理工程师,研究方向:遥感影像。