新乡市炎热季节综合性公园植被覆盖特征*

谢朋丽 普增燕

河南科技学院 河南新乡 453003

摘要：【目的】探究炎热季节下综合性公园植被覆盖度的空间聚集特征，进而明确综合性公园植被覆盖的空间异质性，为城市公园的植被管理与生态保护等提供科学依据。【方法】以新乡市中心城区综合性公园为例，结合遥感影像数据与公园数据，利用 SNAP、ENVI 软件与 GIS、空间自相关方法，计算植被覆盖度（FVC）并分析其时序变化与空间分布，探讨炎热季节下综合性公园的植被覆盖特征。【结果】1）新乡市综合性公园的植被覆盖度在 6—9 月呈现先上升后下降的趋势，整体处于较低水平，且红线范围空间内的植被覆盖度明显低于绿地范围空间。2）公园之间的植被覆盖情况存在较大差异。在红线范围空间内，75%的公园在炎热季节中的植被覆盖度极差值为［0.05，0.2］，普遍大于绿地范围。3）6—9 月，各综合性公园的植被覆盖度在空间上存在显著的正相关关系，且存在明显的高-高和低-低聚集区域。【结论】炎热季节下综合性公园间植被覆盖度整体处于较低覆盖水平，且分布不均，在空间上显著（$P<0.05$）正相关。在未来城市绿化规划中，应着重优化公园绿化布局，提升植被覆盖水平，进而增强城市生态服务功能，为城市居民创造更优质的生态环境。

关键词：植被覆盖度；城市公园；多光谱影像；空间自相关

DOI：10.12169/zgcsly.2025.04.03.0001

Vegetation Cover Characteristics of Comprehensive Parks in Xinxiang City During the Hot Season

Xie Pengli Pu Zengyan

（School of Horticulture and Landscape Architecture，Henan Institute of Science and Technology，Xinxiang 453003，Henan，China）

Abstract：【Objective】This study aims to explore the spatial clustering characteristics of fractional vegetation cover（FVC）in comprehensive parks during the hot season，and further clarify the spatial heterogeneity of vegetation cover in comprehensive parks，thereby providing scientific evidences for vegetation management and ecosystem protection of urban parks.【Method】Taking comprehensive parks in Xinxiang's central area as a case study，we combine remote sensing imagery with park boundary data，and use SNAP，ENVI，GIS tools and spatial autocorrelation analysis to derive the FVC index，examine its temporal dynamics and spatial distribution，and discuss the characteristics of vegetation cover during hot seasons.【Result】1）The FVC in Xinxiang's comprehensive parks exhibits a unimodal trend from June to September，with consistently low values. The FVC within the boundary-line spaces is significantly lower than in vegetated areas；2）There are substantial variations in vegetation cover among parks. Within the boundary-line spaces，75% of parks have the FVC ranges of［0.05-0.2］during the hot season，higher than those in green spaces；and 3）A significant positive spatial autocorrelation is observed in the FVC of comprehensive parks from June to September，and significant high-high and low-low cluster regions exist.【Conclusion】The FVCs across comprehensive parks during the hot season are generally on a low level

收稿日期：2025-04-03

*基金项目：2023 年河南省科技攻关项目（222102320221）

第一作者：谢朋丽（1997- ），女，硕士生，研究方向为大地景观规划与生态修复。E-mail：xpengli2022@163.com

and unevenly distributed at that, and they are spatially significantly correlated ($P<0.05$). In the future urban greening planning, priority should be given to parkland layout optimization and vegetation cover increase for enhancing urban ecosystem services and functions and creating a high-quality eco-environment for urban residents.

Keywords: fractional vegetation cover (FVC); urban park; multispectral satellite image; spatial autocorrelation

在全球城市化进程中，许多城市发生着明显的植被覆盖变化。气候变化和城市的渐进式增长是导致植被覆盖变化的主要原因，尤其是在温度升高的条件下[1]。植被覆盖是城市生态系统中重要的生态因子，能够通过蒸腾作用和遮荫效果有效降低地表温度，缓解城市热岛效应[2]。随着热岛效应日益加剧，城市绿地系统中综合性公园因其在生态功能方面的作用而备受关注，而其植被覆盖能够有效改善公园内的微气候条件，降低地表温度，减少土壤侵蚀[3]。

对于城市公众而言，植被能够为游客提供舒适的微气候环境，降低体感温度，减少紫外线辐射[4]。研究表明，植被覆盖度较高的区域，游客的停留时间更长，满意度也更高[5]。此外，植被丰富的环境还能够改善游客的心理状态，缓解压力，提升其身心健康[6]。因此，公园植被覆盖状况不仅能够体现公园的生态功能，也能突出其提升市民体验的关键价值。

以往对于公园绿地的研究多以人均绿地面积和绿化率等作为主要评估指标[7]，较少引用植被覆盖度这一更为科学的评估指标来讨论综合性公园的植被覆盖特征。植被覆盖度（Fractional Vegetation Cover，FVC）通过像元解混方法获得，有别于绿化率等概念，其定义为植被（包括叶、茎、枝）在单位面积内的垂直投影面积所占百分比[8]，能反映植被在区域内的实际覆盖情况，从而更精准地评估公园的植被状况。综合性公园中的植被覆盖度对公园的生态功能和游憩价值具有显著影响[9-10]，不同植被类型对公园功能的贡献不同[11-12]。

国内相关研究表明，植被覆盖度在不同季节和不同公园功能区之间表现出不同特征，例如，春季和夏季植被生长旺盛期覆盖度较高，而秋冬季节则相对较低[13]。此外，研究还发现植被覆盖度与城市公园的生态效益密切相关[14-16]。但是，不同类型综合性公园之间的对比研究较少，难以形成具有普遍指导意义的研究成果。

本研究以 Sentinel/NDVI 影像为主要信息源，依据像元二分模型对新乡市 8 个综合性公园的植被覆盖度进行计算、统计，旨在探讨炎热条件下综合性公园植被覆盖的空间聚集特征，以期为城市公园的植被管理与生态保护等提供科学依据。

1　研究区概况

新乡市位于河南省北部，北依太行山脉，属暖温带大陆性季风型气候，年平均气温 14 ℃，最高气温 42.7 ℃，标准化降水指数为［-1.5，-1.0］，气象干旱等级为中旱。经过城市绿化和公园建设，在新乡市的中心城区形成了完整的城市公园系统。因此，以中心城区作为研究区域，选择代表性强、分布广泛、数据丰富、具有现实意义的 8 个综合性公园作为研究对象（图 1、表 1）。

表 1　新乡市综合性公园概况

序号	公园名称	功能定位	占地面积/hm^2	竣工年份	所属行政区
1	平原湖公园	生态保护	133.4	2022	延津县
2	人民公园	休闲娱乐	47.8	1958	红旗区
3	定国湖公园	生态保护	41.8	2017	牧野区
4	牧野公园	文化展示	20.1	1988	牧野区
5	大沙河公园	滨水体验	14.6	2020	红旗区
6	和谐公园	休闲娱乐	10.9	2009	红旗区
7	夏荷公园	休闲娱乐	7.2	2000	卫滨区
8	卫河右岸公园	滨水体验	6.2	2023	牧野区

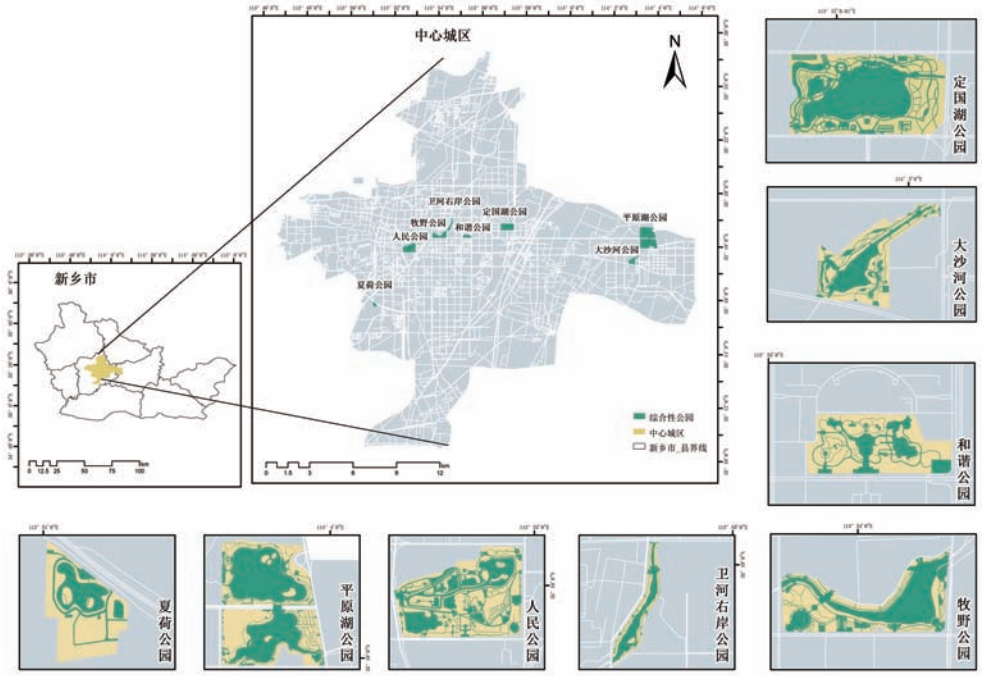


图 1 新乡市中心城区综合性公园区位示意

2 研究方法

2.1 数据来源

2.1.1 植被覆盖数据

选择 2024 年 6 月 1 日—9 月 31 日的 Sentinel-2 卫星影像数据分析 8 个综合性公园的植被覆盖特征，以反映夏季植被生长的动态变化。Sentinel-2 数据来源于欧洲航天局（ESA）的 Copernicus 开放访问中心（https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home），产品类型为 Level-2A，地理边界为新乡市行政区划，云覆盖率为 10%。

8 月份，由于新乡市部分地区受到持续的云层覆盖，该月 Sentinel-2 影像无可用。因此，为确保研究的连续性和数据完整性，选择中巴地球资源卫星 04 星（CB04）8 月的 P10 影像数据反映 8 月的植被覆盖状况。CB04 数据来源于中国资源卫星应用中心（https://data.cresda.cn/#/home），产品类型为 CB04-P10，采集时间为 2024 年 8 月 1—31 日，图像云盖量为 30%。

2.1.2 城市公园绿地边界数据

参考百度和高德平台上各公园边界范围，使用 Google Earth 中高分辨率卫星影像，手动绘制公园边界及内部硬质范围；然后对遥感影像进行裁剪，取得 8 个综合性公园的红线范围和绿地范围轮廓，其中红线范围是指城市公园用地的规划控制线，用于明确公园的范围和边界。

2.2 数据预处理

Sentinel-2 L2A 影像和 CB04 P10 影像都具有 10 m 的空间分辨率，能够提供丰富的地表信息，适合城市公园的研究。Sentinel-2 L2A 影像经过精确的辐射定标和大气校正，确保数据的高质量和可靠性。CB04 P10 影像也已经做过辐射相对校正和无控制点的几何校正，是 level 2 级数据产品。但是，应用 CB04 影像数据前还须进行辐射定标、大气校正等预处理。为了实现 Sentinel-2 影像数据与中巴卫星数据的多源协同应用，使用 Sentinel Application Platform（SNAP）软件对筛选后的影像进行一致性处理，将 Sentinel-2 数据光谱重采样至与中巴卫星数据相同的投影和分辨率。此外，还使用 ENVI 软件的图像配准工具，以 Sentinel-2 影像作为基准影像对中巴卫星数据进行波段配准。经过重采样和波段配准后，影像数据被导出为 GeoTIFF 格式，用于后续处理和分析。

2.3 像元分解模型法

2.3.1 归一化植被指数提取

在定量遥感研究中，常利用归一化植被指数（NDVI）检测植被生长状态、植被覆盖度和消除部分辐射误差等[17]。NDVI 指数结果被限定在

-1~1，其中负值通常表示地面覆盖为非植被区域。负值归零处理能够将非植被部分作为异常值处理，减少对植被覆盖度估算精度的影响。计算方法为近红外的波段反射值与红光的波段反射值之差与上两者之和的比[15]。在 SNAP 中，通过 Band Math 工具对计算得到的 NDVI 值中的负值进行归零处理，确保 NDVI 值的范围为［0，1］，计算公式如下：

$$if(Band1 < 0)\,then0else Band1 \qquad (1)$$

式（1）中，Band 1 代表原始 NDVI 值。

2.3.2　植被覆盖度计算

植被覆盖度和 NDVI 之间存在极显著的线性相关关系，通常通过建立二者之间的转换关系直接提取植被覆盖度信息[18]。基于 NDVI 数据，通过像元二分模型反演新乡市综合性公园的植被覆盖度，计算公式如下：

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \qquad (2)$$

式（2）中：*NDVI* 代表负值归零后的 NDVI 值。$NDVI_{veg}$为完全被植被所覆盖像元的 NDVI 值；$NDVI_{soil}$为裸地或无植被覆盖像元的 NDVI 值。为防止影像噪声等干扰，分别提取 NDVI 值的 5%和 95%分位数作为 $NDVI_{soil}$和 $NDVI_{veg}$[19]。计算得到新乡市综合性公园炎热季节中的植被覆盖状况。

2.4　空间自相关法

空间自相关法是分析变量数据在空间上是否具有相关性，衡量变量在空间上分布特征的空间统计学方法[20]。类型上可以分为全局空间自相关和局部空间自相关。为探究炎热条件下新乡市综合性公园植被覆盖度分布的聚集模式，本研究运用 GeoDA 软件对综合性公园的植被覆盖度进行空间自相关分析。

2.4.1　全局莫兰指数计算

全局莫兰指数用于描述整个研究区域的空间分布模式，判断数据是否呈现聚集或离散的趋势检验新乡市 8 个综合性公园的植被覆盖度的全局空间自相关性。当 Moran's I >0 时，表示存在显著空间正相关性；Moran's I <0，表示研究内容存在空间负相关性；Moran's I =0，表示研究内容空间自相关性不显著。

2.4.2　局部莫兰指数计算

局部自相关（Local Indicators of Spatial Association，LISA）由美国 Luc Anselin 教授提出，是全局莫兰指数的补充。利用计算出来的局部莫兰指数分析研究区域中不同局部区域的空间异质性，其取值范围为［-1，1］。根据其正负可将空间自相关性描述为高-高（HH）、低-低（LL）、高-低（HL）、低-高（LH）4 种类型。

3　结果与分析

3.1　新乡市综合性公园整体植被覆盖特征

3.1.1　综合性公园植被覆盖时间变化特征

炎热季节下（6—9 月），新乡市 8 个综合性公园植被覆盖度总体呈先上升后下降趋势（表 2）。绿地范围空间内的植被覆盖度明显高于红线范围空间。植被覆盖度月际变化的波动范围为［0.812 3，0.859 2］，平均值为 0.826 5。这是因为红线范围空间可能受到道路、广场、水体等因素的限制，所以植被覆盖度相对较低[21]。

表 2　新乡市炎热季节整体综合性公园植被覆盖度

空间类型	6 月	7 月	8 月	9 月	平均值
红线范围空间	0.355 1	0.377 4	0.477 4	0.422 4	0.408 1
绿地范围空间	0.812 3	0.814 8	0.859 2	0.819 9	0.826 5

3.1.2　综合性公园植被覆盖空间分布特征

根据中国水利部《土壤侵蚀分类与分级标准》SL190-2007，将 FVC 值划分为 6 类：裸地（$FVC \leqslant 10\%$）、低覆盖度（$10\% < FVC \leqslant 30\%$）、中低覆盖度（$30\% < FVC \leqslant 45\%$）、中覆盖度（$45\% < FVC \leqslant 60\%$）、中高覆盖度（$60\% < FVC \leqslant 75\%$）、高覆盖度（$FVC > 75\%$）。利用 SNAP 软件对 6—9 月的遥感影像反演各综合性公园的植被覆盖度，计算结果如图 2、表 3 所示：8 个综合性公园主要以低覆盖度和中覆盖度为主，两个级别下的公园数量分别为 3 个，占总数的 75%；仅和谐公园处于中高覆盖度，占总数的 15%；无公园达到高覆盖度。研究表明，植被覆盖水平与生态服务功能存在正相关关系[22]，因此，推测新乡市综合性公园当前的植被结构生态调节功能较弱，缺乏近自然森林景观，可能会限制公园生态效益的充分发挥。

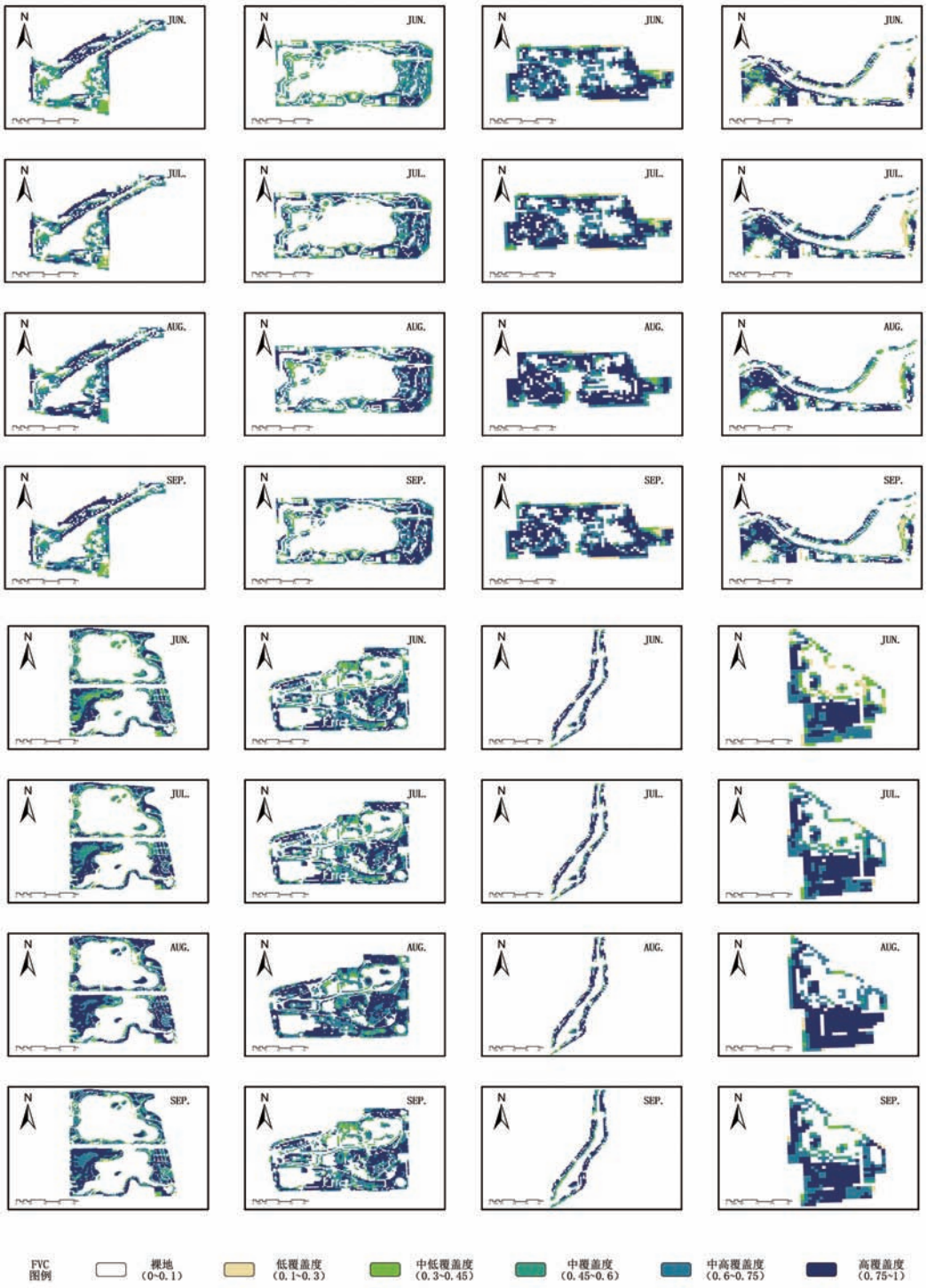


图 2 新乡市炎热季节各综合性公园植被覆盖度空间分布

表 3 新乡市炎热季节综合性公园植被覆盖度分级统计

FVC 等级	大沙河公园	定国湖公园	和谐公园	牧野公园	平原湖公园	人民公园	卫河右岸公园	夏荷公园
裸地（0~0.1）	—	—	—	—	—	—	—	—
低覆盖度（0.1~0.3）	0.2741	—	—	0.2918	—	—	0.1838	—
中低覆盖度（0.3~0.45）	—	—	—	—	0.3696	—	—	—
中覆盖度（0.45~0.6）	—	0.4611	—	—	—	0.5597	—	0.4801
中高覆盖度（0.6~0.75）	—	—	0.6269	—	—	—	—	—
高覆盖度（0.75~0.1）	—	—	—	—	—	—	—	—

对 8 个综合性公园的植被覆盖面积进行统计分析，结果（图 3）表明：各个公园的植被覆盖面积比处于 0.40～0.70。其中夏荷公园和和谐公园的植被覆盖面积比较高，均在 0.65 以上；牧野公园和平原湖公园的植被覆盖面积比较低，均在 0.45 以下。

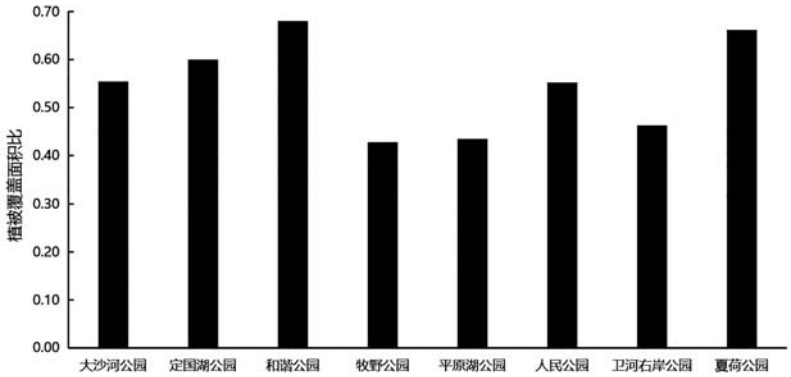


图 3　新乡市炎热季节综合性公园植被覆盖面积比

整体来说，综合性公园之间的植被覆盖情况存在较大差异，这与公园的功能定位、建设时间有关。例如，以休闲娱乐为主的夏荷公园在植被种植上更为注重，而牧野公园由于功能定位偏向文化展示，植被覆盖相对较少。

3.2　各综合性公园植被覆盖变化特征

3.2.1　各综合性公园植被覆盖月际变化趋势

随着植被覆盖度的提升，往往伴随着更好的生态效果。炎热季节下，新乡市各个综合性公园的植被覆盖度呈现出不同的月际变化趋势（图 4）：6—7 月，大沙河公园、牧野公园、平原湖公园、卫河右岸公园的植被覆盖度下降，夏荷公园、定国湖公园上升，人民公园、和谐公园稳定；7—9 月，各公园的植被覆盖度先升后降。这是因为植被于 7—9 月处于生长最为旺盛的时期，叶片数量和面积不断增加，8 月达到最大值，此时植被的光合作用效率和生态系统生产力也处于高峰期。因此，8 月的 FVC 值能够达到炎热季节中的最大值。

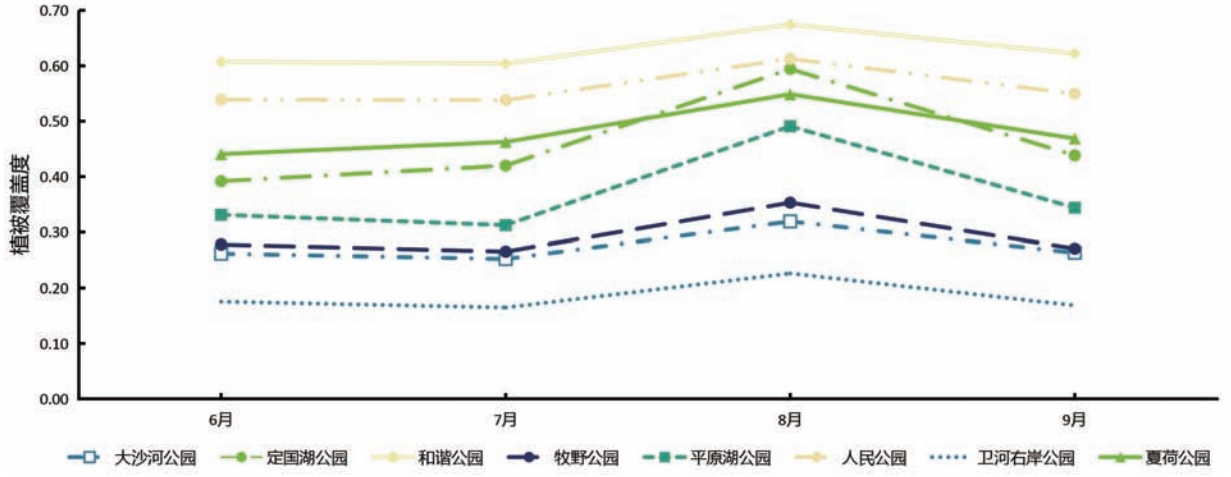


图 4　新乡市炎热季节各综合性公园植被覆盖度月际变化趋势

3.2.2　各综合性公园植被覆盖度逐月统计

在 SNAP 中通过 Band Math 工具对 6—9 月新乡市各个综合性公园的多光谱影像进行处理，计算其植被覆盖度（表 4～5）。在红线范围空间内，75%的公园在炎热季节中的植被覆盖度极差值为[0.05，0.2]，普遍大于绿地范围。在绿地范围空间内的植被覆盖度波动适中，87.5%的公园在炎热季节中的植被覆盖度极差值小于 0.1。说明红线区域受外部干扰（如土地利用、人为活动）影响更显著。

表 4 炎热季节下新乡市 8 个综合性公园红线范围空间的植被覆盖度

公园名称	6 月	7 月	8 月	9 月	极差
大沙河公园	0.261 8	0.252 3	0.319 1	0.263 4	0.057 4
定国湖公园	0.391 8	0.419 8	0.594 2	0.438 3	0.202 5
和谐公园	0.607 3	0.603 8	0.674 3	0.622 3	0.067 0
牧野公园	0.278 0	0.265 4	0.352 9	0.270 8	0.075 0
平原湖公园	0.331 1	0.312 5	0.490 9	0.343 8	0.159 8
人民公园	0.538 9	0.538 0	0.612 5	0.549 5	0.073 6
卫河右岸公园	0.175 4	0.164 8	0.226 4	0.168 4	0.051 0
夏荷公园	0.440 6	0.462 5	0.548 7	0.468 7	0.108 1

表 5 炎热季节下新乡市 8 个综合性公园绿地范围空间的植被覆盖度

公园名称	6 月	7 月	8 月	9 月	极差
大沙河公园	0.781 0	0.784 1	0.846 4	0.716 2	0.065 4
定国湖公园	0.796 9	0.791 2	0.831 0	0.796 3	0.034 0
和谐公园	0.855 2	0.859 9	0.897 4	0.874 7	0.042 2
牧野公园	0.782 8	0.792 8	0.810 9	0.807 7	0.028 1
平原湖公园	0.809 8	0.775 2	0.850 3	0.806 0	0.040 4
人民公园	0.801 1	0.806 6	0.860 1	0.817 8	0.058 9
卫河右岸公园	0.878 7	0.867 2	0.867 9	0.884 1	0.005 4
夏荷公园	0.792 9	0.841 4	0.910 0	0.856 1	0.117 1

3.3 新乡市综合性公园植被覆盖的相关性

3.3.1 全局空间自相关

全局 Moran's I 自相关分析结果（图 5）显示，新乡市整体综合性公园植被覆盖度与炎热季节皆存在显著正相关关系，空间上存在聚集效应。全局 Moran's I 指数分别为 0.509、0.560、0.592、0.571。此外，研究区域内发生显著（$P<0.05$）的植被覆盖变化（表 6）。

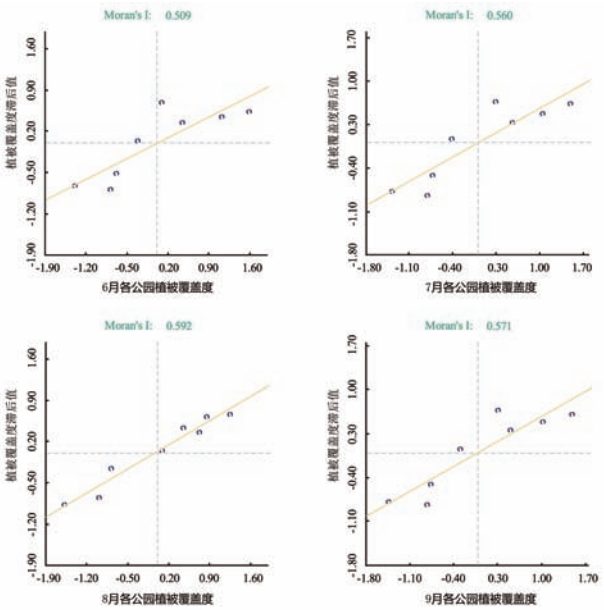


图 5 综合性公园植被覆盖度与炎热季节全局空间自相关

表 6 炎热季节下综合性公园全局空间自相关指数

月份	Moran's I	Z 值	P 值
6 月	0.509	2.31	0.021
7 月	0.560	2.45	0.014
8 月	0.592	2.82	0.005
9 月	0.571	2.18	0.029

3.3.2 局部空间自相关

局部 Moran's I 自相关分析结果（图 6）显示，高-高区域主要集中在大沙河、和谐、人民和夏荷公园；低-低区域较为集中，主要集中在定国湖和平原湖公园。除此之外，牧野公园和卫河右岸公园在空间上未表现高-高或低-低的局部聚集特征。结合新乡市主导风向（东北-西南向）发现，高-高区域（H-H）型公园的空间分布特征与主导风向走向一致，未来规划可进一步优化其与城市主导风向的协同关系，以便更全面地评估景观格局优化对缓解热岛效应的潜在作用。

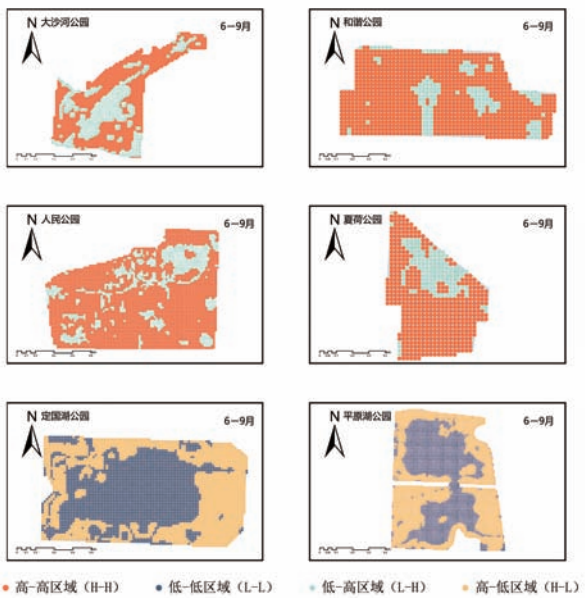


图 6 综合性公园植被覆盖度与炎热季节局部空间自相关

4 讨论

4.1 炎热季节对综合性公园植被覆盖的影响

炎热季节下综合性公园的植被覆盖度变化符合植物生长物候规律。本研究发现，新乡市 8 个综合性公园的植被覆盖度在炎热季节（6 月、7 月和 9 月）整体上表现出先上升后下降的趋势。但是，部分公园在 6—7 月其植被覆盖度出现下降，表明高温和干旱会抑制植被的生长，导致植

被覆盖度下降。而在 8 月，多数公园的植被覆盖度有所回升，表明随着气温的适度下降和降水量的增加，植被生长条件有所改善。这一变化趋势与 Han 等[23]的研究结果一致，表明植被覆盖度对气候条件具有较高的敏感性。

4.2　综合性公园之间植被覆盖的差异化性及其影响因素

综合性公园间植被覆盖度的显著差异，与各自的地理位置和功能定位等因素有关。有研究指出，公园的占地面积和地理位置也会影响其植被覆盖度[24-25]。从空间分布上看，多数公园的植被覆盖度集中在较低的等级，且不同公园之间存在较大差异。例如，夏荷公园和和谐公园的植被覆盖面积比较高，而牧野公园和平原湖公园则相对较低。空间自相关分析进一步揭示了炎热季节下植被覆盖度在空间上的聚集模式。高植被覆盖面积的公园空间上也都属于高-高聚集区，根据局部自相关结果显示牧野公园在空间上不存在高-高或低-低聚集区，而平原湖公园属于低-低聚集区。该结果支持 NYELELE 等的研究，位于城市边缘的公园比市中心公园具有更高的植被覆盖度，受人为干扰较少[26]。这些差异表明，研究综合性公园生态效应时，需综合考虑区域连片的植被覆盖状况。

4.3　展望

本研究基于 Sentinel-2 卫星影像数据，揭示了新乡市 8 个综合性公园植被覆盖度的时空特征，在中等分辨率遥感数据与城市生态空间结合应用方面具有方法学实践价值。然而，在技术层面，本研究受限于数据缺失问题；在理论层面，尚未深入探讨除现有因素外其他因素对植被覆盖度的影响。后续研究应着力结合实地调查数据，进一步剖析这些因素对植被覆盖度的影响机制。

5　结论

1）6—9 月新乡市综合性公园的植被覆盖度在 6—9 月呈现先上升后下降的趋势，整体处于较低覆盖水平，且红线范围空间内的植被覆盖度明显低于绿地范围空间。多数公园红线范围的植被覆盖度受道路、广场等硬质干扰较强，如定国湖公园和平原湖公园。

2）6—9 月各综合性公园之间的植被覆盖存在较大差异。这与公园的功能定位、建设时间等因素有关，其中和谐公园的植被覆盖度最高，人民公园次之。特别注意的是，夏荷公园的植被覆盖度波动较大，卫河生态右岸公园的较小。

3）6—9 月各综合性公园的植被覆盖度在空间上存在显著（$P<0.05$）的正相关关系，高-高区域主要集中在大沙河、和谐、人民和夏荷公园；低-低区域主要集中在定国湖和平原湖公园。因此，在建设综合性公园前应严格控制硬质、水体和植被的比例，以提升植被覆盖度的稳定性。除此之外，可以考虑纳入植被覆盖度作为关键监测指标，以精细化制定养护管理策略。

4）未来研究需要更加关注不同类型的综合性公园以及城市公园的空间分布特征，以提升公园系统的整体韧性与生态效应。

参考文献

[1] IDUSERI E O, AWONIRAN D R, IZUNOBI J U, et al. Sustainable development goals, governance and assessment of the impact of urban growth on vegetation cover in Benin City, Nigeria, using land-use-land-cover change trajectories[J]. Discover Sustainability, 2024, 5(1): 291.

[2] LI X M, ZHOU Y Y, ASRAR G R, et al. The surface urban heat island response to urban expansion: a panel analysis for the conterminous United States[J]. Science of The Total Environment, 2017, 605: 426-435.

[3] DAHANAYAKE A C, WEBB J A, GREET J, et al. How do plants reduce erosion? An Eco Evidence assessment[J]. Plant Ecology, 2024, 225(6): 593-604.

[4] ZHOU W, YU W D, ZHANG Z Y, et al. How can urban green spaces be planned to mitigate urban heat island effect under different climatic backgrounds? A threshold-based perspective[J]. Science of The Total Environment, 2023, 890: 164422.

[5] AL-SAEDI D F S, CHAMANI A. Integrating public perception and quantitative metrics for improved urban park planning in Isfahan, Iran[J]. Trees, Forests and People, 2024, 18: 100729.

[6] JI J S, ZHU A, BAI C, et al. Residential greenness and mortality in oldest-old women and men in China: a longitudinal cohort study[J]. The Lancet Planetary Health, 2019, 3(1): e17-e25.

[7] 闫晓云. 呼和浩特市城市绿地系统结构分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2011, 32(1): 144-147.

[8] WEISS M, BARET F. Evaluation of canopy biophysical variable retrieval performances from the accumulation of large swath satellite data[J]. Remote Sensing of Environment, 1999, 70(3):

293-306.

[9]RUPPRECHT C D D,BYRNE J A.Informal urban greenspace:a typology and trilingual systematic review of its role for urban residents and trends in the literature[J].Urban Forestry & Urban Greening,2014,13(4):597-611.

[10]PIETRZYK-KASZYÑSKA A,CZEPKIEWICZ M,KRONENBERG J.Eliciting non-monetary values of formal and informal urban green spaces using public participation GIS[J].Landscape and Urban Planning,2017,160:85-95.

[11]王嘉楠,童伶俐,张恒.合肥城市显著树树种结构、多样性和空间分布格局[J].中国城市林业,2021,19(4):6-11.

[12]SEMERARO T,SCARANO A,BUCCOLIERI R,et al.Planning of urban green spaces:an ecological perspective on human benefits[J].Land,2021,10(2):105.

[13]杨英书.基于生态效益分析的怀化城市公园植物群落优化研究[D].长沙:中南林业科技大学,2022.

[14]熊瑶,谢心语,杨云峰.基于景观格局与累积影响的城市公园降温效益研究:以南京为例[J].长江流域资源与环境,2024,33(5):1055-1065.

[15]冯娴慧,曾芝琳,张德顺.基于MODIS NDVI数据的粤港澳大湾区植被覆盖时空演变[J].中国城市林业,2022,20(1):1-6,28.

[16]王海熠,王洪荣,陈树新,等.成都市龙泉山城市森林公园植被覆盖度与景观格局特征动态变化分析[J].遥感技术与应用,2023,38(6):1455-1466.

[17]ZHAO Q,QU Y H.The retrieval of ground NDVI (normalized difference vegetation index) data consistent with remote-sensing observations[J].Remote Sensing,2024,16(7):1212.

[18]GUTMAN G,IGNATOV A.The derivation of the green vegetation fraction from NOAA/AVHRR data for use in numerical weather prediction models[J].International Journal of Remote Sensing,1998,19(8):1533-1543.

[19]林妍敏,李文慧,南雄雄,等.基于地理探测器的宁夏贺兰山植被覆盖度时空分异及驱动因子[J].应用生态学报,2022,33(12):3321-3327.

[20]李昊冉,刘喆,李晓溪,等.基于社交媒体文本的城市滨河绿地生态系统文化服务评价[J].风景园林,2023,30(8):80-88.

[21]CHANG M E,ZHAO Z Q,CHANG H T.Relationship among fractional vegetation cover,land use and urban heat island using landsat 8 in Taipei,Taiwan[M].Switzerland:Springer Cham,2021:81-95.

[22]宋超,余琦殷,王瑞霞,等.基于植被覆盖度的宁夏灵武白芨滩自然保护区防风固沙功能时空变化研究[J].生态学报,2021,41(8):3131-3143.

[23]HAN F F,YAN J J,LING H B.Variance of vegetation coverage and its sensitivity to climatic factors in the Irtysh River basin[J].PeerJ,2021,9:e11334.

[24]王刚,管东生.植被覆盖度和归一化湿度指数对热力景观格局的影响:以广州为例[J].应用生态学报,2012,23(9):2429-2436.

[25]邓雪纯,张绿水,刘纯青.以南昌市中心城区为例分析城市绿地植被覆盖度及景观格局[J].北方园艺,2021(12):70-78.

[26]NYELELE C,KROLL C N.The equity of urban forest ecosystem services and benefits in the Bronx,NY[J].Urban Forestry & Urban Greening,2020,53:126723.