

基于RS的焦作市植被覆盖度变化研究

石 娜¹ 段兴明²

1. 河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 焦作;

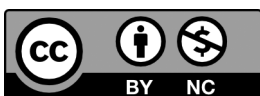
2. 重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

摘 要 | 植被覆盖度是评估植被生长情况的一个重要指标。本文利用2015年、2018年和2021年的Landsat8-OLI归一化植被指数 (NDVI) 数据, 对焦作市三个时期的植被覆盖度的变化趋势进行研究, 首先采用像元二分模型法获取焦作市2015年、2018年和2021年的植被覆盖度, 然后利用Sen趋势分析研究区内植被覆盖度的变化趋势。研究结果表明, 从整体上看, 2021年的低植被覆盖面积相较于2015年增加了397.3275平方千米。中低植被覆盖区, 面积增加了544.2075平方千米。然而, 中植被覆盖区的面积减少了326.637平方千米, 中高植被覆盖区的面积减少了275.6241平方千米, 高植被覆盖区的面积减少了339.2784平方千米。通过对焦作市植被覆盖度的研究, 揭示了其在2015—2021年间的变化情况, 为今后的生态环境保护提供了有益的参考。

关键词 | 植被覆盖度; NDVI; 遥感

Copyright © 2024 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



植被是人类赖以生存发展的物质基础，是陆地生态系统的重要组成部分^[1]。植被与周围环境密切相关，对生态环境的变化反应十分敏感^[2]，人们常根据植被生长状况推测区域生态环境的变化情况，因而从时间及空间尺度上监测植被的变化情况对于揭示生态环境变化、评价区域生态质量具有重要的意义^[3, 4]。植被变化最直接的表现就是植被覆盖度的变化，植被覆盖度（FVC）是反映地表植被覆盖的重要参数，能够直观地反映一个地区的植被覆盖程度和植被的生长状态，也是生态修复、土壤风蚀程度，以及荒漠化程度有效评估的重要指标^[5]。焦作市地处中国南北交汇点、东西结合部，是郑州大都市区门户城市、中原城市群和豫晋交界地区的区域性中心城市。因此在不断进行可持续发展的今天，非常有必要对焦作市的植被工作进行深入的研究。对焦作市植被覆盖度地形效应的研究不仅对生态环境保护具有重要意义，也为科学研究提供了重要的数据和参考。

随着用于研究植被盖度的遥感数据不断完善，国内外学者利用MODIS/NDVI数据对植被覆盖度的影响因素展开了较多研究。郑勇等^[6]利用MODIS-NDVI和气候数据，运用像元二分模型、趋势分析及相关分析法，对川西高原地区植被覆盖度（FVC）的动态变化及其与气候因子的关系进行了研究；裴志方^[7]利用MODIS-NDVI数据，采用相关性分析气候因子及地形因子对川西地区植被覆盖度的影响；朱林富等^[8]以MODIS数据，运用GIS数据结合像元二分模型及分布指数定量分析了地形地貌对四川植被覆盖度的影响；陈新明等^[9]以MODIS NDVI数据，并结合气象数据、数字高程模型（DEM）及植被类型数据，采用像元二分模型、Theil-Sen Median趋势分析、Mann-Kendall显著性检验和偏相关分析等方法，研究了西南地区地区植被覆盖度时空演变特征及其与气候和地形的相关性；祖力克艳·麻那甫等^[10]利用MODIS NDVI数据集通过最新小二乘线性回归和相关性分析了克孜勒苏地区草地植被变化与环境因子的响应关系；刘雨亭等^[11]基于MODIS-NDVI对不同时间尺度的FVC进行了时空变化特征分析，并利用ERA5的气温、GPCP卫星降水及DEM数据，对西南地区FVC变化影响因素进行了讨论，利用Hurst指数对FVC未来变化趋势进行了预测；姜凯升等^[12]以MODIS NDVI并结合气象数据，采用Mann-Kendall突变检验和偏相关分析，分析植被对

降雨、温度的累计和时滞效应。这些研究都提供了植被覆盖变化研究的思路。焦作市作为我国的一个重要城市，其生态环境治理和生态承载力提升建设一直以来都受到广泛关注。在当前的生态环境治理过程中，我们必须从多方面进行全面考虑，深入研究各种因素，尤其是植被覆盖度之间的关系，以便为焦作市的生态环境综合治理和生态建设效益评价提供科学依据。

1 研究区概况

焦作市位于河南省北部，其地形地貌丰富多样，主要包括太行山前倾斜平原、太行山前交接洼地、沁河冲积扇平原、清风岭岗地、古黄河滩地和黄河滩地等十几种类型。其中，太行山前倾斜平原是最重要的地貌类型之一，地势平坦，海拔在200~1320米之间，属于构造剥蚀中低山地貌。太行山前交接洼地地势较低，海拔一般在200米以下，岩石破碎，坡度平缓，土层为砂砾石交错，地力瘠薄。沁河冲积扇平原由沁河冲积形成，地势由北向南逐渐降低，海拔为85~200米。焦作市的气候类型为暖温带大陆性季风气候，具有四季分明的气候特征。春季时，天气干燥且多风；夏季则炎热且多雨；秋季气候宜人，天高气爽；冬季寒冷且少雪。这里的年平均气温介于14.1~14.4℃之间，无霜期长达200天，年降雨量在600~700毫米。这种气候条件为当地的自然环境和居民生活提供了多样化的特点。总的来说，焦作市的地形地貌和气候条件丰富多样，为这里的经济社会发展、生态环境保护以及人民生活提供了独特的条件。

2 研究数据与预处理

本次研究数据来源于国家地理空间数据云下载的2015、2018和2021年3年共5帧遥感影像，云量均低于10%，具体数据情况如表1所示。

表 1 遥感影像数据源

Table 1 Data sources of remote sensing images

年份	文件名	卫星传感器	获取时间	条带数	行编号	空间分辨率 (m)
----	-----	-------	------	-----	-----	-----------

2015年	LC81240352015257LGN00	Landsat—8 OLI	2015.9.14	124	35	30
	LC81240362015257LGN00		2015.9.14	124	36	
2018年	LC81240352018257LGN00	Landsat—8 OLI	2018.9.22	124	35	
	LC81240352018257LGN00		2018.9.22	124	36	
2021年	LC81240362021257LGN00	Landsat—8 OLI	2021.9.30	124	35	

再对遥感影像数据进行辐射定标、镶嵌、裁剪、大气校正等预处理操作，为后续的研究提供数据基础。

3 研究方法

3.1 归一化植被指数（NDVI）计算

归一化植被指数（NDVI）对植被的生长状况和生产力等特征敏感，其变化能反映植被的生长状况。NDVI计算公式为：

$$NDVI=\frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

其中：NIR为近红外波段的值，R为红光波段的值。

3.2 像元二分模型计算植被覆盖度（FVC）

像元二分模型是线性光谱分析中最简单的模型，它假设一个地表由有植被覆盖的地表和无植被覆盖的地表组成^[13]，其计算公式为：

$$F=\frac{NDVI-NDVI_{soil}}{NDVI_{veg}-NDVI_{soil}}$$

其中：NDVI_{soil}为纯土壤或无植被像元的NDVI值，理论上接近于0；NDVI_{veg}为纯植被像元的NDVI值，理论上接近于1。由于气象条件、植被类型及分布、季节变化等因素的影响，不同影像NDVI_{soil}和NDVI_{veg}会发生一定程度的变异，取值一般在-0.1~0.2间变动^[14]。

根据植被覆盖度的分布，本文将FVC划分为低植被覆盖、中低植被覆盖、中植被覆盖、中高植被覆盖和高植被覆盖等5个等级，具体划分标准如表2所示。

表 2 FVC等级分布

Table 2 FVC grade distribution

等级	FVC	类型
1.	$FVC < 25\%$	低植被覆盖
2.	$25\% \leq FVC < 50\%$	中低植被覆盖
3.	$50\% \leq FVC < 70\%$	中植被覆盖
4.	$70\% \leq FVC < 85\%$	中高植被覆盖
5.	$FVC \geq 85\%$	高植被覆盖

3.3 Theil–Sen Median 趋势分析

Theil–Sen Median趋势分析（Sen趋势分析）是一种稳健的非参数趋势统计方法，该方法可以有效避免数据异常或者数据缺失对于时间序列分析的干扰，已广泛应用于植被序列时间分析。植被覆盖度的Sen趋势（ S_{FVC} ） >0 ，表示呈上升趋势， $S_{FVC} < 0$ ，表示呈下降趋势。公式如下：

$$S_{FVC} = \text{median} \frac{FVC_j - FVC_i}{j - i}$$

式中： i 和 j 代表年份， $i < j$ ； FVC_i 和 FVC_j 分别代表 i 和 j 年的植被覆盖度。

4 研究结果与分析

4.1 植被覆盖度等级分布

在本研究中，我们将重点讨论植被覆盖度结果的像元统计分析，具体情况如表3所示。

表 3 植被覆盖度像元个数统计

Table 3 Statistics of pixel number of vegetation coverage

年份	低植被覆盖	中低植被覆盖	中植被覆盖	中高植被覆盖	高植被覆盖
2015年	701449	627638	1055088	837855	1246861
2018年	1161600	944644	855255	642413	864975
2021年	1142924	1232313	692158	531606	869885

进行植被覆盖度等级分布，具体情况如图1所示。

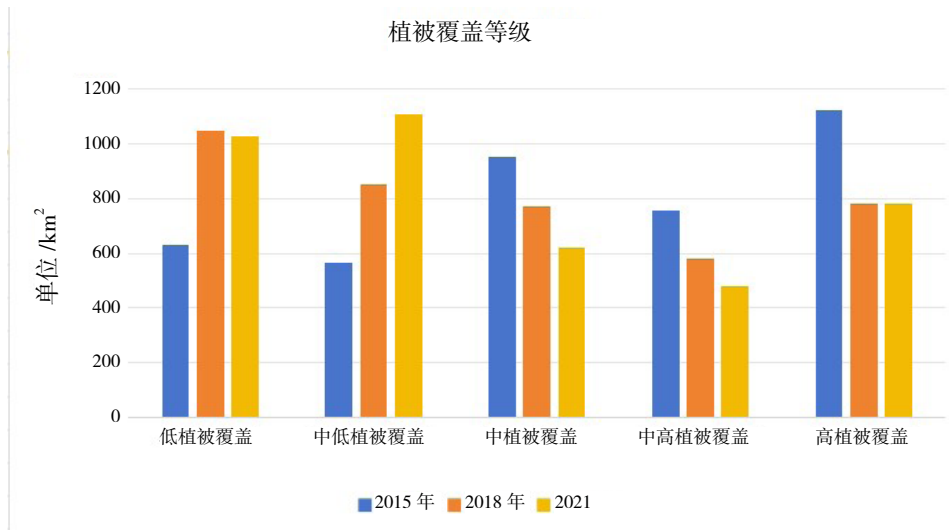


图1 2015—2021年焦作市各等级植被覆盖度面积统计

Figure 1 Vegetation coverage area statistics of different levels in Jiaozuo City from 2015 to 2021

4.2 植被覆盖度变化分析

首先，从整体上看，2021年低植被覆盖区的面积相较于2015年有了明显的增加，低植被覆盖区的面积增加了397.3275平方千米。其次，在中低植被覆盖区，面积也有所扩大。相较于2015年，该区域的植被覆盖面积增大了544.2075平方千米。这意味着焦作市在中低植被覆盖区的植被恢复和保护工作取得了积极的效果。然而，在植被覆盖等级的中部区域，研究结果显示，中植被覆盖区的面积减少了326.637平方千米。这可能与人类活动、气候变化等因素有关，需要进一步调查研究。同样，在中高植被覆盖区，面积也出现了减少的趋势。相较于2015年，该区域的植被覆盖面积减少了275.6241平方千米。这表明，即使在植被覆盖较高的区域，也面临着一定的压力和挑战。最后，在高植被覆盖区，面积呈现出下降的趋势。2021年相较于2015年，高植被覆盖区的面积减少了339.2784平方千米。

4.3 植被覆盖度的变化趋势

通过Sen趋势分析，得到焦作市FVC变化趋势，与FVC变化趋势统计，见表4。

表 4 植被覆盖度（FVC）变化趋势统计

Table 4 Vegetation coverage (FVC) change trend statistics

植被覆盖度的Sen趋势 S_FVC	FVC变化趋势 Trend in FVC	面积Area/km ²	占比Percentage/%
<-0.015	显著退化	2067.9849	51.4
<-0.005	轻微退化	115.8435	2.9
-0.005 ~ 0.005	基本稳定	296.5419	7.4
>0.005	轻微改善	124.0686	3.1
>0.015	显著改善	1417.5549	35.2

根据Sen趋势分析得到如下结果：

在2015年至2021年期间，焦作市植被覆盖度的变化面积为2067.9849平方千米。其中，占比最大的是显著退化的区域，达到了51.4%。这意味着有一半以上的区域植被覆盖度在这一时期内出现了明显的退化现象。此外，显著改善的区域占比为35.2%，表明这部分区域的植被覆盖度得到了较好的恢复和改善。基本稳定的区域占比为7.4%，这些区域植被覆盖度的变化幅度较小，相对稳定。轻微改善的区域占比为3.1%，表明这些区域的植被覆盖度略有改善。最后，轻微退化的区域占比为2.9%，说明这部分区域的植被覆盖度出现了一定程度的退化。

5 结论

（1）探究焦作市在2015—2021年间的植被覆盖度变化情况，研究结果表明，从整体上看，2021年的低植被覆盖面积相较于2015年增加了397.3275平方千米。在中低植被覆盖区，面积也有所增加，增大了544.2075平方千米。然而，中植被覆盖区的面积减少了326.637平方千米，中高植被覆盖区的面积减少了275.6241平方千米，在高植被覆盖区，面积呈现出下降的趋势，2021年的高植被

覆盖区面积相较于2015年减少了339.2784平方千米。

(2) 探究焦作市在2015—2021年间变化趋势情况, 研究结果表明, 焦作市植被覆盖度变化面积为2067.9849平方千米。显著退化的区域占比最大为51.4%, 显示超过一半区域植被覆盖度明显退化。显著改善的区域占35.2%, 表明部分区域植被覆盖度有所恢复。基本稳定区域占7.4%, 覆盖度变化较小。轻微改善区域占3.1%, 覆盖度略有提升。轻微退化区域占2.9%, 覆盖度略有下降。为了更好地保护和恢复植被, 我们需要进一步分析这些变化背后的原因, 并采取有针对性的措施, 以实现焦作市生态环境的可持续发展。

参考文献

- [1] 李海峰. 德阳市2007—2018年植被覆盖变化遥感监测与分析[J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 2020, 41(5): 32–37.
- [2] 杨强, 王婷婷, 陈昊, 等. 基于MODISEVI数据的锡林郭勒盟植被覆盖度变化特征[J]. 农业工程学报, 2015, 31(22): 191–198, 315.
- [3] Anatoly A, Gitelson, Yoram J, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80(1): 76–87.
- [4] 吴铸, 刘阳飞, 袁荷娟. 滇中高原楚雄州近17年植被覆盖时空演化特征分析[J]. 林业科技通讯, 2019(6): 35–40.
- [5] 张神宝, 王永芳, 郭恩亮, 等. 基于GEE的奈曼旗植被覆盖时空演变及驱动力分析[J]. 草业科学, 2023, 40(8): 1965–1976.
- [6] 郑勇, 杨武年, 刘冲, 等. 川西高原近20a植被覆盖变化遥感动态监测及驱动力分析[J]. 遥感技术与应用, 2020, 35(6): 1447–1456.
- [7] 裴志方. 川西高原植被覆盖度景观格局动态变化研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2019.
- [8] 朱林富, 谢世友, 杨华等. 基于MODIS-EVI的四川植被覆盖地形分布特征[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2022, 44(9): 122–132.
- [9] 陈新明, 盘钰春, 徐勇, 等. 西南地区植被覆盖度时空演变及其与气候和

- 地形的相关性 [J]. 西南农业学报, 2023, 36 (6): 1307–1317.
- [10] 祖力克艳·麻那甫, 努尔麦麦提·艾尔肯, 卫炎豪, 等. 克孜勒苏地区草地归一化植被指数时空特征及其对环境因子的响应 [J]. 西南农业学报, 2023, 36 (12): 2793–2801.
- [11] 刘雨亭, 王磊, 李谢辉, 等. 西南地区 2000—2020 年植被覆盖度时空变化与影响因素分析 [J]. 高原气象, 2024, 43 (1): 264–276.
- [12] 姜凯升, 刘宇, 刘英, 等. 西北地区植被覆盖度与气候因子响应关系探究 [J]. 测绘科学, 2023, 48 (6): 172–180.
- [13] 陈学兄, 毕如田, 张小军, 等. 太原市城区植被覆盖变化地形分异效应 [J]. 水土保持通报, 2020, 40 (5): 299–309.
- [14] Toby N, Carlson, David A, et al. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and Leaf Area Index [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 62 (3): 241–252.

Study on Vegetation Coverage Change in Jiaozuo City based on RS

Shi Na¹ Duan Xingming²

1. School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo;

2. School of Petroleum Engineering, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing

Abstract: Vegetation coverage is an important index to evaluate vegetation growth. In this paper, the Landsat8-OLI normalized Vegetation Index (NDVI)

data in 2015, 2018 and 2021 were used to study the changing trend of vegetation coverage in Jiaozuo City in three periods. Firstly, the pixel binary model was used to obtain the vegetation coverage of Jiaozuo City in 2015, 2018 and 2021. Then Sen trend analysis was used to analyze the change trend of vegetation coverage in the study area. The results show that overall, low vegetation cover in 2021 increased by 397.3275 square kilometers compared to 2015. The area covered by low and medium vegetation has increased by 544.2075 square kilometers. However, the area of medium vegetation cover area decreased by 326.637 square kilometers, the area of medium and high vegetation cover area decreased by 275.6241 square kilometers, and the area of high vegetation cover area decreased by 339.2784 square kilometers. Through the study of vegetation coverage in Jiaozuo City, the change of vegetation coverage from 2015 to 2021 was revealed, which provided a useful reference for ecological environment protection in the future.

Key words: Vegetation coverage; NDVI; Remote sensing