

基于RS的石家庄市植被覆盖度时空变化研究

杜锦昊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;

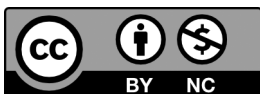
2. 重庆科技大学石油与天然气工程学院, 重庆

摘要 | 石家庄市作为京津冀协同发展的重要节点城市, 也是河北省的政治、经济、文化和科技中心, 其植被覆盖度的时空变化能很好地反映城市的绿色发展状况。本文选取Landsat系列数据, 通过计算归一化植被指数, 结合像元二分法这一遥感估算模型来进行石家庄市2016—2022年植被覆盖度的时空变化研究。结果显示: 石家庄市2016—2019年植被覆盖大量减少, 2019—2022年植被覆盖趋于稳定。高植被覆盖区的面积减少了3474.64km², 较高植被覆盖区的面积增加了1228.68km², 中植被覆盖区的面积增加了993.5km², 较低植被覆盖区和低植被覆盖区的面积也有所增长, 分别增加了648.77km²和603.69km²。空间上表现为西高东低的特征。本文对石家庄市植被覆盖度时空变化的研究为接下来该市进一步的绿色发展提供了科学的参考依据。

关键词 | 植被覆盖度; 时空变化; 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/>



植被覆盖度 (fraction vegetation coverage, FVC) 是一个至关重要的生态指标, 它代表了植被 (包括叶、茎、枝等部分) 在地面上垂直投影的面积占研究区总面积的百分比。这一参数在多个领域中发挥着举足轻重的作用, 为我们提供了对地表植被覆盖情况的深入理解和评估, 它还在植被变化、水土保持、生态环境研究、城市规划等方面中起到重要作用。

目前通过像元二分模型进行植被覆盖度计算的研究较为成熟。刘广峰^[1]针对毛乌素沙地, 同样采用基于NDVI的像元二分模型法, 对该地区的植被覆盖度进行了系统研究。马俊海等^[2]选取Landsat TM数据作为数据源, 采用像元二分模型对内蒙古奈曼旗地区的植被覆盖度变动进行了深入分析, 还进行了实地调查, 对所得的数据结果进行了详尽的验证。俱战省等^[3]等聚焦嘉陵江源区, 通过计算NDVI值并利用像元二分法估算近29年的植被覆盖度变化, 发现其随高程增加呈现先增后减的趋势。许宏健等^[4]依据NDVI和优化的像元二分模型, 对双城区的植被覆盖度进行了计算, 并进行了等级划分, 其结果与实地调查结果高度一致。孙一等^[5]则通过计算坡度与植被覆盖度的关系, 深入分析了其与泥沙输移之间的关系。原琪翔^[6]等在计算NDVI的基础上对郑州市的植被覆盖度变化进行了研究, 分析了该市2014—2020年间的植被覆盖度变化情况。以上研究都为植被覆盖度时空变化的研究奠定了坚实的基础, 也充分显示, 利用归一化植被指数的提取以及像元二分模型, 对植被覆盖度进行估算, 其结果是值得信赖的。且以往的相关研究区域多为华东、华南地区及各地的自然保护区, 而对华北地区的研究较少。因此, 本文通过Landsat系列数据对该市2016、2019和2022年的植被覆盖度时空变化进行研究, 揭示石家庄市几年来的植被覆盖度变化规律, 可为未来的城市规划、生态环境建设提供科学依据。

1 研究区概况

石家庄市是河北省省会城市, 也是河北省的政治、经济、文化和科技中心及主要工业集中地, 是京津冀协同发展的重要节点城市, 交通发达, 是全国铁路运输的重要枢纽。如图1所示, 截至2023年末, 全市有8个区、11个县, 及3个县级市, 总面积14530km², 常住人口1123.35万人, 城镇化率72.28%。2023年,

全市（含辛集市）生产总值7534.2亿元。农业、工业、制造业等产业都均衡发展、稳步上升。

在地理位置上，石家庄市地处中国华北地区、河北省中南部（113° 33' E-115° 20' E，37° 27' -38° 47' N），东连衡水市，南接邢台市，西邻山西省，北接保定市。这里地貌多样，既有广袤的华北平原，又有巍峨的太行山地，这种自然环境的多样性为石家庄带来了独特的地理特征和生态优势。矿产资源也很丰富、井陘矿区有很丰富的煤炭资源及天然气资源。石家庄市属于半湿润半干旱地区，暖温带半湿润大陆性季风气候使得这里四季分明，雨热同季，且植被覆盖度较高，尤其是太行山区，东部华北平原耕地较多。

2 研究数据与预处理

石家庄市行政边界矢量数据源自中国科学院资源环境科学数据中心。气象数据包括年平均气温和年降水量数据，空间分辨率为1000m，来源于国家科技基础条件平台-国家地球系统科学数据中心。遥感影像数据是来自于国家地理空间数据云下载的2016、2019和2022年3年共6景的遥感影像，6景影像的云量均低于2%，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	卫星传感器	获取时间	分辨率 (m)
2016	Landsat-8 OLI	2016.08.31	30
		2016.08.31	
2019	Landsat-8 OLI	2019.09.25	30
		2019.09.25	
2022	Landsat-8-9 OLI	2022..09.25	30
		2022..09.25	

对数据进行预处理主要分为三个步骤。

（1）辐射定标

辐射定标的核心目标在于将图像中的亮度灰度值转化为绝对的辐射亮度。

这一转换过程至关重要，因为它能够精确地揭示地物的光谱反射率或光谱辐射亮度，提高了研究的可靠性和准确性。

(2) 对图像进行裁剪与拼接处理

从地理空间数据云所获取的单幅或多幅图像并不是完全符合研究对象的图像。由于本研究区没有完整覆盖的遥感影像，为了确保研究的准确性和完整性，每年下载了能够覆盖整个研究区的两景影像。这两景影像经过镶嵌和裁剪操作，形成了适合后续研究的数据基础。

(3) 大气校正

大气校正旨在剔除大气和光照等外部因素对地物反射的干扰，进而精准地揭示地物的真实物理属性。在本研究中，想要正确获得植被覆盖度的信息，大气校正是不可或缺的。

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) 对植被的生物物理特征十分敏感，通常被用于植被分类和植被覆盖度研究^[7, 8]。该指标只是一个简单的比值，但它是作为研究植被覆盖度的核心参数，它对于监测植被的动态变化以及覆盖度的评估具有不可或缺的作用。正因为其独特的价值和广泛的适用性，该指标在各类研究领域中得到了广泛应用^[9]。通过计算近红外波段 (NIR) 与红光波段 (RED) 的比值差与和，我们可以得到每个像元的NDVI值，这一指标能够反映植被的生长状况。NDVI计算公式为：

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

计算后得到三个年份的NDVI的分布图。

3.2 像元二分模型计算植被覆盖度 (FVC)

像元二分模型基于一个假设，即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^[10]。通过引入纯植被区域和无植被区域的NDVI值，我们可以根

据像元的NDVI值计算其植被覆盖度。这一方法不仅形式简单，而且无需地面实测数据建模，因此被广泛应用于植被覆盖度的估算。植被覆盖度的计算公式为：

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

其中， $NDVI_{veg}$ 代表纯植被区域的NDVI值，它反映了完全被植被覆盖的地表的植被生长状况和覆盖程度。而 $NDVI_{soil}$ 则代表无植被覆盖区域的NDVI值，它提供了关于裸土或无植被覆盖地表的遥感信息^[11]。

通过引入这两个参数，该模型能够有效地减少大气、土壤背景以及植被类型等因素对遥感信息的影响。这些因素在遥感数据的获取和解释的过程中往往会产生干扰，影响植被覆盖度监测的精度和可靠性。通过利用 $NDVI_{veg}$ 和 $NDVI_{soil}$ ，模型就能够准确地提取出与植被覆盖度直接相关的信息，从而提高监测结果的准确性。最后，再对石家庄市的植被覆盖度进行分级，就根据计算得到的植被覆盖度数据，并参照《土壤侵蚀分类分级标准》中关于植被覆盖度的分级标准，将其划分为五个等级：低植被覆盖度、较低植被覆盖度、中植被覆盖度、较高植被覆盖度和高植被覆盖度，如表2所示^[12]。

表 2 植被覆盖度分级标准

Table 2 Classification criteria for vegetation coverage

等级	植被覆盖度	植被覆盖情况
1.	<30%	低植被覆盖度
2.	30% ~ 45%	较低植被覆盖度
3.	45% ~ 60%	中植被覆盖度
4.	60% ~ 75%	较高植被覆盖度
5.	>75%	高植被覆盖度

4 研究结果与分析

4.1 植被覆盖度分布与转移矩阵

对三个研究年份的植被覆盖度数据进行重分类，并打开三个年份的属性表数据，对植被覆盖度结果进行像元统计，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	低植被覆盖度	较低植被覆盖度	中植被覆盖度	较高植被覆盖度	高植被覆盖度
2016	2258488	776377	975180	1672455	9953824
2019	3211117	1386001	1905463	2815366	6318377
2022	2929251	1497236	2079072	3037654	6093108

表4 2016—2019年植被覆盖度转移矩阵 (单位: km²)

Table 4 Vegetation cover transfer matrix from 2016 to 2019 (Unit:km²)

2016—2019年	低植被覆盖度	较低植被覆盖度	中植被覆盖度	较高植被覆盖度	高植被覆盖度	总计
低植被覆盖度	1862.4393	375.2775	200.4561	126.4743	323.3007	2887.9479
较低植被覆盖度	276.6222	296.6454	269.739	172.1034	231.4188	1246.5288
中植被覆盖度	183.8682	277.2225	433.8342	388.0332	430.9011	1713.8592
较高植被覆盖度	146.6595	211.2615	484.3089	753.4296	936.342	2532.0015
高植被覆盖度	164.4543	186.1344	481.5054	1291.8276	3555.1395	5679.0612
总计	2634.0435	1346.5413	1869.8436	2731.8681	5477.1021	14059.3986

计算2016—2019年和2019—2022年的植被覆盖度转移矩阵, 如表4与表5所示。

表5 2019—2022年植被覆盖度转移矩阵 (单位: km²)

Table 5 Vegetation cover transfer matrix from 2019 to 2022 (Unit:km²)

2019—2022年	低植被覆盖度	较低植被覆盖度	中植被覆盖度	较高植被覆盖度	高植被覆盖度	总计
低植被覆盖度	1688.7231	179.0541	77.616	42.5673	42.597	2030.5575
较低植被覆盖度	263.9673	227.8278	126.2394	48.8727	31.2255	698.1327
中植被覆盖度	142.9632	202.9293	289.1808	171.7074	70.29	877.0707
较高植被覆盖度	116.9145	158.6466	357.7968	556.2576	314.5707	1504.1862
高植被覆盖度	675.1377	478.071	863.0262	1712.6055	5220.3789	8949.2193
总计	2887.7058	1246.5288	1713.8592	2532.0105	5679.0621	14059.1664

4.2 植被覆盖度时间变化分析

由图4所示为2016—2022年石家庄市各等级植被覆盖度面积统计柱形图可得, 2016—2022年间, 高植被覆盖度一直占据主导地位, 其占比始终保持在总

面积的35%以上,由表4与表5,2016—2022年间石家庄市高植被覆盖区的面积减少了3474.64km²,较高植被覆盖区的面积增加了1228.68km²,中植被覆盖区的面积增加了993.5km²,较低植被覆盖区和低覆盖区的面积也有所增长,分别增加了648.77km²和603.69km²。从总体趋势来看,高植被覆盖度呈现下降趋势,低、较低、中、较高植被覆盖度呈上升趋势;其中,植被波动的现象主要集中在高植被覆盖度上,这表明植被覆盖度的变化十分明显。

2016—2019年,植被波动变化类型大,高植被覆盖度大量减少,主要转出为中高植被覆盖度与中植被覆盖度;低、较低、中、较高植被覆盖度增加,主要由高植被覆盖度转入。2019—2022年,高植被覆盖度继续减少,但转出面积较小;低植被覆盖度减少,主要转出为高植被覆盖度;较低、中、较高植被覆盖度继续呈增加趋势。由此说明,2016—2022年,石家庄市植被覆盖度总体上呈现下降,并在下降后趋于稳定,其中高植被覆盖度的变化最为显著。

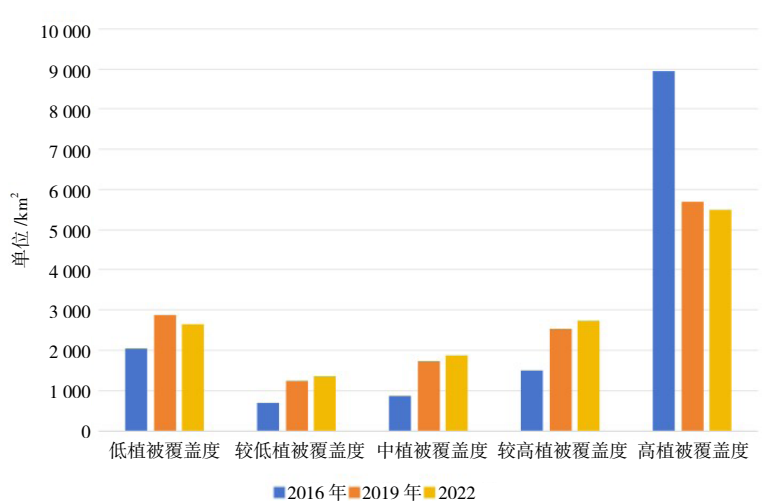


图1 2016—2022年石家庄市各等级植被覆盖度面积统计

Figure 1 Vegetation coverage area statistics of different levels in Shijiazhuang City from 2016 to 2022

4.3 植被覆盖度空间变化分析

如图3所示为2016—2022年石家庄市植被覆盖度的空间分布,展示了石家庄市不同区域不同年份的植被覆盖情况。总体植被覆盖情况明显下降,高植被

覆盖度下降最大，截止到2022年，高植被覆盖度主要分布在东部太行山脉及东部南部的辛集市、晋州市、深泽县、赵县等地，高植被覆盖度降低的地区主要分布在栾城区、藁城区、元氏县等地。低植被覆盖度稳定上升，主要分布在城区、正定县、赞皇县等区域。较低、中、较高植被覆盖度在全域都稳定上升，空间变化不大。2016—2019年高植被覆盖度大幅减少，其余植被覆盖度类型变化不大；2019—2022年植被覆盖度整体小幅度升高，空间变化不大。结果表明，石家庄市的城区植被覆盖度变化最大，随着城区的发展与扩大，高植被覆盖度发生了巨大的变化，但在2019年后，石家庄市的植被覆盖度情况在下降之后保持稳定。

5 结论

通过对石家庄市2016、2019、2022年归一化植被指数及植被覆盖度的计算，得到石家庄市研究年份的植被覆盖度，通过对植被覆盖度进行时空变化分析、影响因素分析，得出2016—2022年间石家庄市的植被覆盖度呈下降趋势，并于下降后趋于稳定。具体结论如下：

(1) 在2016—2022年间，石家庄市植被覆盖度大幅下降，高植被覆盖度变化最大，减少了3474.64km²，较高植被覆盖区的面积增加了1228.68km²，中植被覆盖区的面积增加了993.5km²，较低植被覆盖区和低覆盖区的面积也有增长，分别增加了648.77km²和603.69km²。其中在2016—2019年间植被覆盖度变化最大，在2019—2022年间趋于稳定。

(2) 在2016—2022年间，石家庄市植被覆盖度空间变化主要集中在城区，尤其是2014年新设的栾城区、藁城区两个城区以及元氏县、赞皇县等周边区域，其余区县的植被覆盖度空间变化较小，但整体也是下降趋势，整体表现为西高东低，北高南低的空间特征。

(3) 从2016年、2019年和2022年石家庄市植被覆盖度的变化中，能反映出石家庄市在快速发展，随着经济发展和城市功能的日趋完善，植被覆盖度的减少、景观破碎化程度的加深等问题也提醒我们，对于经济发展与生态保护的问题，需要秉持“绿水青山就是金山银山”的发展理念，重视生态环境保护，合

理规划。

参考文献

- [1] 刘广峰, 吴波, 范文义, 等. 基于像元二分模型的沙漠化地区植被覆盖度提取——以毛乌素沙地为例 [J]. 水土保持研究, 2007, 14 (2): 268-271.
- [2] 马俊海, 刘丹丹. 像元二分模型在土地利用现状更新调查中反演植被盖度研究 [J]. 测绘通报, 2006 (4): 13-16.
- [3] 俱战省, 杨青森, 邢培茹. 1987—2015年嘉陵江源区植被覆盖度时空变化特征 [J]. 地球与环境, 2020, 48 (4): 452-460.
- [4] 许宏健, 郎博宇, 张雪, 等. 基于Landsat-8数据的植被覆盖度遥感估算 [J]. 现代化农业, 2020 (11): 43-45.
- [5] 孙一, 刘晓燕, 田勇, 等. 坡面植被覆盖度对泥沙输移的影响特性 [J]. 工程科学与技术, 2022, 54 (5): 12-18.
- [6] 原琪翔, 尚国琲, 张霞. 基于NDVI的2014—2020年郑州市植被覆盖变化特征分析 [J]. 河北地质大学学报, 2022, 45 (4): 80-85.
- [7] 王晓利, 侯西勇. 1982—2014年中国沿海地区归一化植被指数 (NDVI) 变化及其对极端气候的响应 [J]. 地理研究, 2019, 38 (4): 807-821.
- [8] 王埠鑫, 孙紫英, 周梅, 等. 赛罕乌拉国家级自然保护区植被覆盖度时空变化分析 [J]. 科学技术与工程, 2020, 20 (13): 5038-5045.
- [9] 赵维清, 李经纬, 褚琳, 等. 近10年湖北省植被指数时空变化特征及其驱动力 [J]. 生态学报, 2019, 39 (20): 7722-7736.
- [10] 江琪, 季民. 淮北市植被覆盖度提取及时空变化分析研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2023, 46 (10): 85-88.
- [11] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算 [J]. 资源科学, 2004, 26 (4): 153-159.
- [12] 王俊杰, 张思媛, 滕鹏程. 晋城市土地利用变化及植被覆盖度研究 [J]. 测绘与空间地理信息, 2024, 47 (2): 3-4.

Spatial-temporal Variation of Vegetation Coverage in Shijiazhuang City based on RS

Du Jinhao¹ 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: As an important node city in the coordinated development of Beijing, Tianjin and Hebei Province, Shijiazhuang is also the political, economic, cultural and scientific center of Hebei Province. The spatio-temporal variation of vegetation coverage can well reflect the green development status of the city. This paper selects Landsat series data, calculates the normalized vegetation index, and combines the pixel dichotomy, a remote sensing estimation model, to study the spatial-temporal changes of vegetation coverage in Shijiazhuang from 2016 to 2022. The results show that the vegetation cover in Shijiazhuang decreased significantly from 2016 to 2019, and tended to be stable from 2019 to 2022. The area of high vegetation cover decreased by 3474.64km², the area of high vegetation cover increased by 1228.68km², the area of medium vegetation cover increased by 993.5km², and the area of low vegetation cover and low vegetation cover also increased by 648.77km² and 603.69km², respectively. In space, it is high in the west and low in the east. The study of spatiotemporal variation of vegetation coverage in Shijiazhuang provides a scientific reference for the further green development of the city.

Key words: Vegetation coverage; Space-time change; Remote sensing