

# 1986–2021年贵州省都柳江流域植被盖度时空变化及驱动机制分析

杨秀娟<sup>1</sup> 张翠<sup>1</sup> 牙丽娟<sup>1</sup> 董慧林<sup>1,2,3\*</sup>

1 贵州师范学院地理与资源学院

2 贵州师范学院贵州省流域地理国情监测重点实验室

3 贵州师范学院贵州山地研究院

DOI:10.12238/eep.v8i3.2561

**[摘要]** 本文以贵州省都柳江流域植被覆盖度为研究对象,基于1986–2021年的Landsat\_NDVI数据计算了该区的植被覆盖度并进行FVC时空分布及空间分异的驱动因素分析。结果表明,在时间变化上,1986年–2021年都柳江流域的FVC较高并逐年增加,其中林地高植被覆盖率最高。在空间变化上FVC主要集中在中北部,西南、东部较低,其余部分呈现零星分布。在驱动机制分析中发现气温和降水是影响FVC空间分异的主要因素,双因子交互作用显著增强效应,其影响力明显强于单因子单独作用时的影响力,其中以气温和降水最明显。本文为相似地区的生态环境质量评价提供参考。

**[关键词]** 植被覆盖度; Landsat\_NDVI; 都柳江; 驱动机制

中图分类号: U642.3+3 文献标识码: A

## Analysis of spatiotemporal changes and driving mechanisms of vegetation coverage in the Duliuijiang River Basin, Guizhou Province from 1986 to 2021

Xiujuan Yang<sup>1</sup> Cui Zhang<sup>1</sup> Lijuan Ya<sup>1</sup> Huilin Dong<sup>1,2,3\*</sup>

1 College of Geography and Resources, Guizhou Education University

2 Guizhou Provincial Key Laboratory of Geographic State Monitoring of Watershed, Guizhou Education University

3 Institute of Guizhou Mountain, Guizhou Education University

**[Abstract]** This article takes the vegetation coverage of the Duliuijiang River Basin in Guizhou Province as the research object, calculates the vegetation coverage of the area based on Landsat-NDVI data from 1986 to 2021, and analyzes the driving factors of FVC spatiotemporal distribution and spatial differentiation. The results showed that in terms of temporal variation, the FVC in the Duliuijiang River Basin was relatively high and increased year by year from 1986 to 2021, with the highest vegetation coverage in forest land. In terms of spatial variation, FVC is mainly concentrated in the central and northern parts, with lower levels in the southwest and east, and sporadic distribution in the rest of the area. In the analysis of driving mechanisms, it was found that temperature and precipitation are the main factors affecting the spatial differentiation of FVC. The interaction effect of two factors significantly enhances the effect, and its influence is significantly stronger than that of a single factor acting alone, with temperature and precipitation being the most obvious. This article provides reference for the evaluation of ecological environment quality in similar regions.

**[Key words]** Landsat\_NDVI; Duliuijiang River Basin; vegetation coverage; driving mechanism

### 引言

生态环境是影响人类生产生活和生态系统的重要因素,人类活动频繁、资源过度等因素都导致生态环境问题愈加严重<sup>[1]</sup>。植被作为陆地生态系统中的重要组成,对水土保持、水源

涵养以及气候调节等方面都起着重要的作用<sup>[2]</sup>。因植被对环境的变化具有高敏感性,故植被动态变化研究已成为监测区域生态环境评估的重要手段之一<sup>[3,4]</sup>。植被覆盖度是用于观测区域植被变化和衡量生态系统的重要指标,能直观地通过植被的

覆盖情况反映生态环境的整体状况,揭示长时间序列的植被覆盖度变化对区域的自然资源管理和生态保护修复有积极意义<sup>[5,6]</sup>。

贵州省是中国喀斯特地貌面积占比最大的省份,气温、降水量和人类活动都对该地的植被变化影响明显,因此成为了众多学者研究的对象之一<sup>[7]</sup>。都柳江流域占贵州省森林覆盖率最高的黔东南州面积70%<sup>[8]</sup>,其茂密的森林植被对生态变化具有显著的指示作用,故本研究选择都柳江流域作为研究区。本文基于1986–2021年的Landsat\_NDVI多时影像数据进行植被覆盖度动态变化研究,利用地理探测器探究其变化驱动机制,为都柳江流域生态环境评价以及植被保护政策提供数据支撑和理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究中使用Google Earth Engine的高分辨率30m的Landsat——NDVI数据。人口密度、土地利用数据、人口密度、GDP来源于资源环境科学数据平台。气象数据采用国家青藏高原科学数据中心分辨率为1km的降水、气温数据。DEM来源于地理空间数据云,分辨率为30m,用于坡向、坡度的生成。

### 1.2 研究方法

#### (1) 像元二分模型

植被覆盖度采用像元二分模型计算,计算公式如下:

$$FVC = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil})$$

式中:  $NDVI_{veg}$  为植被覆盖的NDVI值,  $NDVI_{soil}$  为裸地的NDVI值,以1%~99%作为计算 $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 的置信区间,并将FVC分级为5类:低植被覆盖度,  $0 < FVC < 0.2$ ; 中低植被覆盖度,  $0.2 < FVC < 0.4$ ; 中植被覆盖度,  $0.4 < FVC < 0.6$ ; 中高植被覆盖度,  $0.6 < FVC < 0.8$ ; 高植被覆盖度,  $0.8 < FVC < 0.1$ 。

#### (2) Sen+Mann-Kendall趋势分析法

Mann-Kendall常用于确定变化趋势的显著性。Theil-Sen Median方法也在减弱噪声影响方面展现出显著优势,计算公式来源于田双<sup>[9]</sup>,趋势类别按照Z值区间分为6类。

#### (3) 地理探测器

地理探测器可通过分析变量空间异质性来探测自变量对因变量的影响程度,探测各因子变化对自变量趋势的影响大小或解释力大小<sup>[10]</sup>。模型如下:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2}$$

q的大小表现为自变量对因变量的解释力,值域为[0, 1],即q值越大解释力越大。

## 2 结果与分析

### 2.1 都柳江流域FVC的时空变化

从图1和表1可知,贵州省都柳江流域的中高植被覆盖度地区最大,达到50.5%,低植被覆盖度地区面积最小,仅有0.72%。中低植被覆盖度、中植被覆盖度、高植被覆盖度占全区面积占比分别为1.08%、6.01%和41.84%。从空间分布上看,都柳江流域多

年平均植被覆盖度总体在地图中自西向东呈现“低-高-低”的分布趋势,中高植被覆盖度和高植被覆盖度大片集中于研究区中部,该区域为所属黔东南州的腹地,是贵州省森林覆盖率最高的地区。

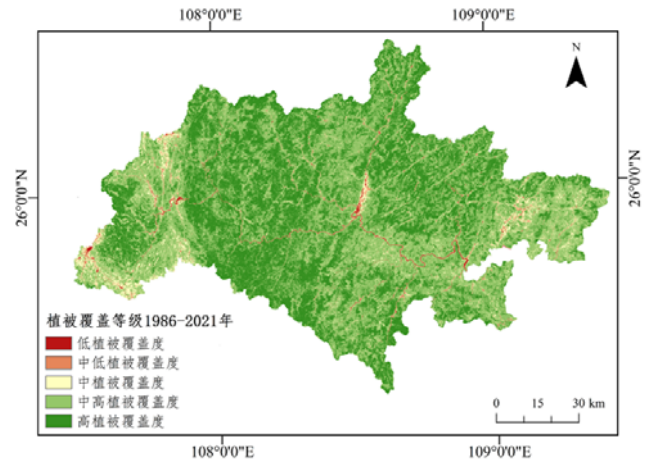


图1 贵州省都柳江流域1986–2021年植被覆盖度分布图

表1 都柳江流域1986–2021年不同土地利用类型植被覆盖度统计

植被覆盖度	都柳江流域		耕地		林地		草地	
	面积(km²)	占比(%)	面积	占比	面积	占比	面积	占比
低植被覆盖度	83.25	0.72%	32.74	1.17%	31.54	0.43%	4.77	0.34%
中低植被覆盖度	125.70	1.08%	68.18	2.43%	38.27	0.52%	9.18	0.65%
中植被覆盖度	697.99	6.01%	378.73	13.49%	214.36	2.93%	93.92	6.67%
中高植被覆盖度	5851.79	50.35%	1871.76	66.68%	3255.68	44.57%	671.80	47.72%
高植被覆盖度	4863.19	41.84%	455.71	16.23%	3764.25	51.54%	627.98	44.61%
合计	11621.93	100.00%	2807.12	100.00%	7304.11	100.00%	1407.66	100.00%

### 2.2 都柳江流域FVC年际变化特征

由图2可知,1986–2021年都柳江流域植被覆盖度呈现缓和波动的上升趋势,总增长幅度达到0.17左右,年均增长率26.6%。而从1987年到1992年,FVC值从降幅显著,下降趋势可能由气候变化、人类活动等因素导致。期间,在植被覆盖度最低的1992年FVC值仅为0.59。1995年起整体FVC值持续波动上升,原因是受到退耕还林政策影响,林地数量增多<sup>[11]</sup>。都柳江流域内三者和区域整体36年的年均覆盖度呈现一致的变化趋势,其中耕地的增长了0.19,林地和草地分别增长了0.17和0.18,虽然耕地增长幅度最大,但平均值依然远低于林地、草地。林地和草地年均FVC分别为0.78和0.77,而耕地年平均FVC仅为0.69。1987–1992年时三者的FVC都迅速下降,之后上升后又缓慢小幅度下降,这可能因为该区域海拔差异较大、坡度频繁变化等不利因素影响,三种土地类型在生长时不稳定导致植被覆盖度不断浮动,但不变的是林地的年均FVC始终最高。

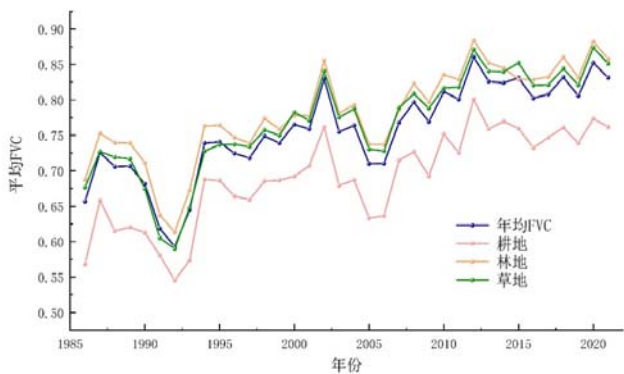


图2 都柳江流域不同LUCC36年FVC年际变化图

### 2.3都柳江流域FVC空间趋势特征

从图3和图4可看出,从1986年至2021年,贵州省都柳江流域内的植被覆盖度总体为上升趋势。区域内极显著上升的面积最大,占比为65.62%,并且大部分聚集在区域的中部地区。其中变化最为明显的土地利用类型为草地,面积占比达到61.03%,占整体流域面积的7.9%。而林地和耕地极显著上升的面积占比差距微乎其微,分别为60.15%和60.71%。黔东南州为都柳江流域提供了大量的林地占比,故都柳江流域中林地的面积占比最大,达到7304.43km<sup>2</sup>,占比为62%。都柳江FVC上升趋势面积占比共达到了94.2%。这归因于国家在2000年后开始对贵州实行的退耕还林政策,故三种显著上升趋势中林地占据了主导地位。都柳江中显著性下降变化趋势的区域零星分布在空间中,下降变化占比最大的为耕地,三种下降趋势面积共计302.6km<sup>2</sup>,占比为10.76%。而其他两种类型下降的占比微乎其微,对都柳江流域FVC没有明显的影响。

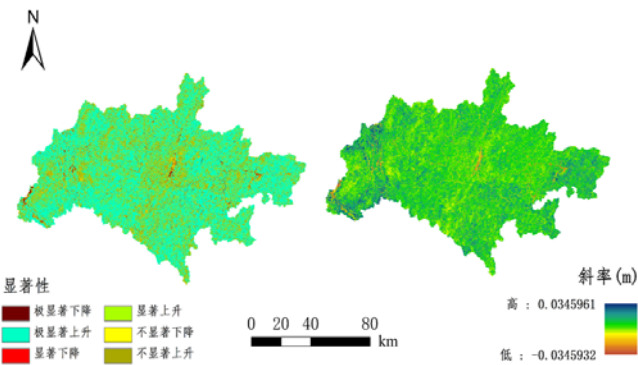


图3 贵州省都柳江流域FVC变化趋势分布图

### 2.4都柳江流域FVC的驱动机制分析

#### 2.4.1因子探测

为了探究不同驱动因子对贵州省都柳江流域植被覆盖度空间分异的影响,本研究选取了7种驱动因子对FVC进行驱动机制分析,得到各因子对植被覆盖度的解释力q值如表2所示。大小依次为:气温(0.281)>降水(0.252)>GDP(0.223)>坡度(0.180)>人口密度(0.168)>高程(0.166)>坡向(0.072),其中气温q值最

高,影响力最大。其次是降水。说明气温、降水是影响贵州省都柳江流域植被覆盖度变化的主要因素。其他驱动因子中坡向的影响力最小,q值仅为0.072。

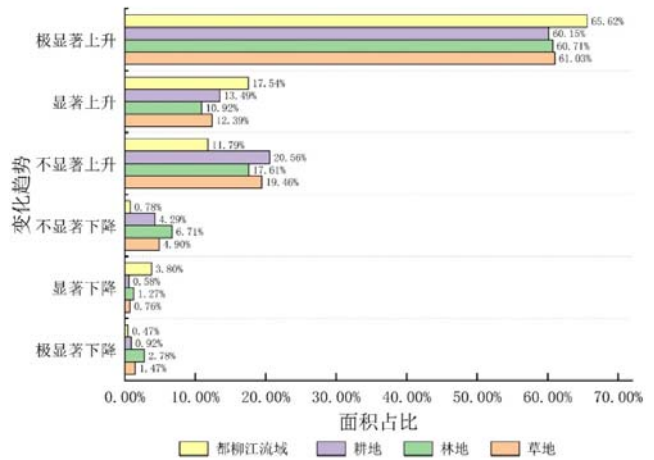


图4 贵州省都柳江流域各土地利用类型FVC变化趋势图

表2 FVC影响因子探测结果表

驱动因子	气温	降水	GDP	坡度	人口密度	高程	坡向
q 值	0.281	0.252	0.223	0.180	0.168	0.166	0.072

#### 2.4.2因子探测

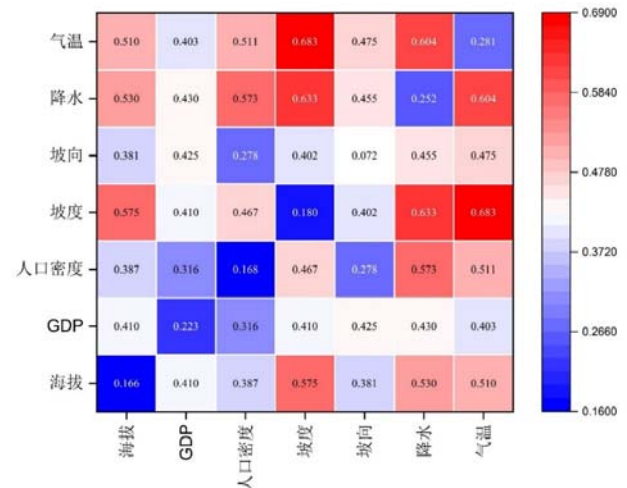


图5 交互因子探测的结果热力图

由表2和图5可知,所有交互因子中气温和坡度的叠加作用最大,q值为0.683,对研究区FVC变化的解释力最强,其次为降水和坡度(q=0.633)、气温和降水(q=0.604),均为非线性增强作用。单因子影响力最小的坡向在与其他因子叠加作用,q值呈现翻倍趋势增长,影响力明显大于其单独作用时的q值(单独作用时q=0.072),说明双因子叠加影响远大于单因子对FVC的影响。而单因子影响力最强的气温和坡度叠加作用表现出最强交互作用

影响力(0.683)。在其中 $q$ 值最高的前五对双因子: 气温和坡度(0.683)、降水和坡度( $q=0.633$ )、气温和降水( $q=0.604$ )、降水和人口密度( $q=0.573$ )中均有气温和降水,进一步验证了气温和降水是影响贵州省都柳江流域FVC变化的主要因素。

### 3 结论

本研究基于Landsat\_NDVI数据对贵州省都柳江流域1986–2021年植被覆盖度(FVC)时空动态及驱动机制分析后发现都柳江流域整体的FVC较高,高及中高覆盖度占比91.29%,集中分布于中部和东北部,林地和草地是主要贡献类型。1986–2021年均FVC和耕地、林地、草地的FVC均呈波动上升趋势,2004–2012年增幅最显著(79.54%)。都柳江流域92.88%区域的FVC呈现上升趋势,其中极显著上升占61.03%(以草地为主)。单因子影响力中气温(0.281)和降水(0.252)的影响最强。双因子交互作用显著增强效应,以气温和降水最为显著,进一步凸显了降水和气温的主导作用。

### [基金项目]

贵州师范学院大学生创新创业训练计划项目(国家级)(202314223015);贵州师范学院科研项目(2021BS015,2021BS014)。

### [参考文献]

[1]赵其国,黄国勤,马艳芹.中国生态环境状况与生态文明建设[J].生态学报,2016,36(19):6328–6335.

[2]宁晓春,杨明新,曹文强,等.2000—2022年三江源植被覆盖度时空变化格局及其气候驱动机制[J].测绘通报,2024(12):70–76.

[3]JUN Z,YANG L,DONGMEI Z,et al.Spatial-temporal character of vegetation cover and its influence factors in the Shule River Basin China, during 1985–2011[J].Human and ecological risk assessment,2020,26(3):608–620.

[4]文帆,陈秋计,黄兰.1986—2021年彬长矿区植被覆盖度时空变化及其影响因子[J].水土保持通报,2023,43(6):304–310.

[5]余婷,杨萍,邓兴,等.梵净山长时序植被覆盖变化趋势与对比分析[J].测绘通报,2023(10):1–6.

[6]朱希希,侯玉婧,张宗祥,等.基于Landsat 8数据的植被覆盖度动态变化监测及生态质量指数提升对策分析——以泰州市海陵区为例[J].中国环境监测,2024,40(04):272–280.

[7]黄启芬,张娜,陈泽,等.2000—2018年贵州植被NDVI对气候变化和人类活动的响应[J].贵州科学,2023,41(02):48–53.

[8]代仁丽,钟九生,何志远,等.气候因子对贵州省植被覆盖度的协同影响[J].水土保持研究,2022,29(3):262–268.

[9]田云,刘俊艳,白爽,等.近20年黄河流域甘肃段植被覆盖度变化与驱动因素分析[J].农业机械学报,2024,55(7):365–372.

[10]徐勇,郑志威,郭振东,等.2000~2020年长江流域植被NDVI动态变化及影响因素探测[J].环境科学,2022(007):043.

[11]张谱,易媛媛,徐晋涛.我国退耕还林还草工程实施后林草用地变化的时空特征[J].北京大学学报(自然科学版),2024,60(6):1107–1122.

### 作者简介:

杨秀娟(2000—),女,贵州贵阳人,本科生,从事生态环境评价。