

FAST 周边植被覆盖度时空演变特征及影响机制研究

赵祖伦, 赵卫权, 李 威, 吕思思, 黄 亮, 谢冬冬

(贵州省山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001)

摘要:指出了作为生态环境质量变化的敏感指示器, 植被覆盖度的时空演变特征和影响机制成为全球环境变化研究的前沿和热点, 评估中国天眼(FAST)周边生态环境质量的变化, 对于维持 FAST 健康运行具有重要意义。基于 1998~2017 年的多源遥感数据, 从人类活动和自然影响两个角度, 利用像元二分模型和地理探测器计算, 识别了 FAST 周边植被覆盖度时空演变特征及影响机制。结果表明: ①2008~2017 年期间, FAST 周边整体植被覆盖情况较好, FVC 呈现先退化后改善的趋势; ②FVC 空间分异主导因素为植被类型、坡度和坡向, 自然因素对于空间分异的解释力更强, 人类活动影响局部区域; ③任意影响因子之间呈现双因子增强或非线性增强, 土地利用与其它因素的综合作用对于 FVC 空间分异解释力更好。

关键词:地理探测器; 植被覆盖度; 像元二分模型; 影响机制; 中国天眼

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1674-9944(2020)14-0001-07

1 引言

植被是沟通土壤系统、水生态系统和大气系统的桥梁, 也是地球表面生物赖以生存的基础, 所有其他生物都依赖于植被而生, 植被在保水固土、维持生态系统稳定和调节气候等方面具有重要作用, 随着人们对生态环境的更加重视, 植被覆盖及变化情况受到更多的关注。遥感数据已被越来越多的用于生态研究, 植被覆盖度是当前广泛应用来表征植被覆盖程度的参数^[1,2]。植被覆盖度(Fractional Vegetation Cover, FVC)被定义为植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比, 是刻画地表植被覆盖程度的基础指标^[3,4]。FVC 对于研究生态环境质量变化、人类活动强度、气候因子响应关系、区域景观格局变化、土地利用变迁响应关系、地形因子关系、物候时空变化等具有重要意义^[5]。

通过 Citespace 科学知识图谱, 对 1990~2010 年中国知网收录的 2984 篇 FVC 相关文献进行检索分析得知, 在以往的研究之中, 以 FVC 为研究主题或关键词的文献, 从 2004 年起开始迅速增长, 2016 年达到高峰, FVC 通常与石漠化、水土保持、土壤侵蚀、遥感监测、生态环境、气候变化、地表温度、热岛效应、生态修复、生态安全等关键词共同出现^[6]; FVC 估算的数据源根据不同的研究尺度, 主要有高光谱数据、多光谱数据、微波数据和激光雷达数据等。目前常用来估算 FVC 的方法, 有回归模型法、机器学习法、混合像元分解法。回归模型法简单易实现, 要求局部或特定植被类型具有较高的精度, 且需要大量的实测数据, 不易推广^[3,7]; 机器学习法主要包括神经网络、决策树、支持向量机等, 一般步骤

为确定训练样本、训练模型精度、进行 FVC 估算, 该法估算 FVC 精度受训练样本的影响较大, 具有一定的局限性^[3]; 混合像元分解法通过假设每个组分对传感器所观测的信息具有贡献, 建立混合像元分解模型估算 FVC, 模型分为线性和非线性两种, 其中像元二分模型是线性模型中形式最为简单和应用广泛的模型, 像元二分模型的难点在于纯植被和裸土的像元选择, 许多学者根据经验, 将纯植被像元和裸土像元的极值点确定在累计百分比 95% 和 5% 或者 98% 和 2% 等, 具有一定的主观性, 纯植被像元和裸土像元的值, 还需要与实际情况进行对比确定。

国家重大工程 500 m 口径球面射电望远镜(Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope, FAST), 位于贵州省黔南布依族苗族自治州平塘县克度镇大窝凼的喀斯特洼坑中^[8]。随着 FAST 工程的竣工及使用, 为保护 FAST 周边的无线电静默环境, 核心区内进行了一系列的建设工程、移民搬迁工程, 中间区和边远区内, 为旅游观光而进行的开发建设也如火如荼, 如天文酒店、天文体验区、天坑景区, FAST 周边 5 km 以外的人类活动强度不断加大。因此, 识别 FAST 周边核心区、中间区和边远区的生态环境质量变化特征及影响因素, 对于 FAST 周边的生态安全格局和 FAST 健康运行具有重要意义。

基于此, 本文以 FAST 周边 30 km 缓冲区为研究区域, 首先, 基于土地利用和 1.08 m 分辨率的高清 Google 影像进行像元二分模型的参数提取, 估算 1998~2017 年 FAST 周边 30 km 缓冲区的 FVC 值及其分析空间变化特征; 其次, 从自然影响和人类活动影响两个角度选取 7 个指标, 利用 ArcGIS 对空间化因子进行随机采样

收稿日期: 2020-05-08

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2016YFC0502606); 贵州省科学院省级科研专项基金(编号: 黔科院科专合[2017]03 号); 贵州省软科学研究计划(编号: 黔科院 J 字[2020] 15 号); 贵州省科学技术基金(编号: 黔科合基础[2020]1Y410); 喀斯特山地旅游资源开发利用创新人才团队(编号: 黔科院人才 201908)

作者简介: 赵祖伦(1993—), 男, 研究实习生, 主要研究方向为国土资源与 3S 技术应用。

通讯作者: 赵卫权(1982—), 男, 副研究员, 主要研究方向为资源环境与 3S 技术应用。

(3000 个样本),利用地理探测器模型识别 FVC 空间差异化影响机制。

2 研究区概况

500 m 口径球面射电望远镜(Five-hundred-meter Aperture Spherical Telescope, FAST),是一架直径 500 m,利用贵州现有喀斯特坑洼为基础,反射面能主动变形的球面射电望远镜,位于贵州省黔南州平塘县克度镇大窝凼坑洼中。作为一个关键技术指标处于国际前沿的天文观测设备,FAST 蕴藏着巨大的发现机遇,具有对天文学产生重大影响的潜力^[8]。

1993 年,中国天文学家提出在贵州喀斯特峰丛洼地建设大射电望远镜阵列的建议^[9]。2007 年,国家批复了 FAST 立项建议书,工程进入可行性研究阶段。2011 年 3 月,村民搬迁完毕,FAST 项目开始动工。2016 年 9 月 25 日,举世瞩目的“大射电”竣工并投入使用。从选址、开工到投入使用,FAST 周边环境经受了移民搬迁、施工建设、旅游开发等多方面的影响。

依据《贵州省 500 米口径球面射电望远镜电磁波宁静区保护办法》,为保护 FAST 正常运行,将 FAST 电磁波宁静区划分为核心区、中间区和边远区,以 FAST 台址为中心,半径 5 km 的区域为核心区,半径 5~10 km 环带为中间区,半径 10~30 km 环带为边远区。FAST 周边 30 km 的电磁波宁静区,约 95.77%在贵州省境内,4.23%在广西省河池市天峨县三堡乡(图 1)。

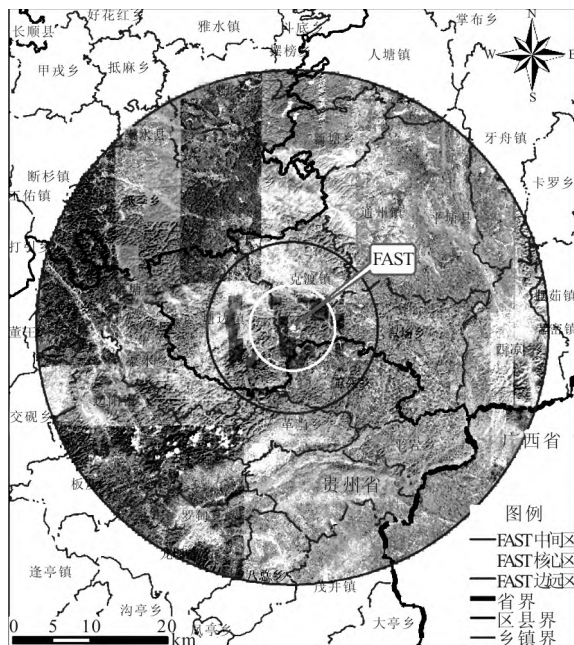


图 1 研究区域

3 数据与方法

3.1 数据来源与处理

根据影响因子指标和模型运算需求,以及考虑区域尺度和数据可获取性,研究数据主要包括数字高程模型(DEM)数据(12 m 分辨率),土地利用数据,土壤类型数据,植被类型数据,1998 年、2008 年和 2017 年相近月份

的遥感卫星影像数据(Landsat 5 和 Landsat 8),人口密度数据(公里格网),Google 高清影像数据等。其中部分影响因子数据只获取到贵州部分,广西地区部分略有缺失,不过在采样过程当中,将 3000 个随机采样点的范围限定在贵州区域,广西区域因占比小(4.23%),可忽略不计。

其中 DEM 数据用于提取高程、坡度、坡向等自然影响因子,高程按照自然断点法划分为 6 个等级,坡向划分为平地、北、东北、东、东南、南、西南、西、西北等 9 个类别,坡度划分为 0~8°、8~15°、15~25°和 >25°等 4 个等级;土地利用数据依据利用强度不同,主要划分为园地、建设用地、林地、耕地、水域、草地和裸地等 7 个类别;土壤类型划分为水稻土、石灰土、紫色土、红壤和黄壤 5 个类别;植被类型大致划分为草灌草丛、灌丛、农田植被和林木类;人口密度按照自然断点法结合 Google 高清影像划分为 5 类,所有影响因子指标进行空间化建库,统一地理坐标和投影信息。

3.2 研究方法

3.2.1 像元二分模型

归一化差分植被指数(NDVI)是植被生长状态及植被空间分布密度的最佳指示因子,综合反映了覆盖区域的植被类型和植被生长状态^[10,11]。基于 NDVI 估算 FVC 的像元二分模型是目前较成熟可靠的模型^[12,13]。

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

(1)

式(1)中,FVC 为植被覆盖度估算值,NDVI_{soil} 是研究区域完全裸土或者无植被覆盖的 NDVI 值,NDVI_{veg} 是研究区域内完全被植被覆盖的 NDVI 值,以往的研究之中,在没有实测数据情况下,学者往往根据图像像元值分布情况以及主观经验对 NDVI_{soil} 和 NDVI_{veg} 值进行估算,如取一定置信度范围的最大值作为 NDVI_{veg},最小值作为 NDVI_{soil},或者取图像像元值的累计概率分布值为 98%、95%对应的 NDVI 值作为 NDVI_{veg},取累计概率分布值为 2%、5%对应的 NDVI 值作为 NDVI_{soil}。为了减少参数选取的主观性带来的误差,本文拟采用 1.08 m 分辨率的 Google 影像和土地利用数据,对 NDVI_{soil} 和 NDVI_{veg} 值进行比对校准,提高 FVC 估算精度。

FVC 分级:参考以往学者的分级标准^[14,15]、结合土地利用数据和 Google 影像,将估算的 FVC 值大致分为 6 类(表 1)。

表 1 FVC 分级标准

等级	FVC 值范围	植被覆盖类型
1	0	无覆盖
2	0~0.1	低覆盖
3	0.1~0.3	中低覆盖
4	0.3~0.45	中覆盖
5	0.45~0.7	中高覆盖
6	0.7~1	高覆盖

3.2.2 地理探测器模型

地理探测器是一种通过探测地理要素空间分异性质,来揭示自变量和因变量空间分异驱动力的方法,

地理探测器包括 4 个分析模块:因子探测器、风险探测器、交互作用探测器和生态探测器^[16,17]。该方法的基本思想是假设研究区域有多个区域,如果某地理要素值在子区域的方差小于区域总方差,则存在空间分异性;如果两个变量的空间分布趋于一致,则两个存在统计关联性^[18]。空间分异性的大小程度,由地理探测器的 q 值来衡量, q 值的大小可以理解为自变量对于因变量空间分布的解释力大小,值越大,解释力越强^[18]。

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (2)$$

式(2)中, h 为子区域分区个数或者层数; N 为全区域内单元数, N_h 为 h 子区域单元数; SSW 和 SST 分别为层内方差之和与全区总方差; q 的值域为 $[0,1]$,值越大说明因变量的空间分异性越明显;如果分层是由自变量生成的,则 q 值越大表示自变量对因变量的解释力越强,反之则越弱。极端情况下, q 值为1表明因子自变量完全控制了因变量的空间分布, q 值为0则表明自变量因子与因变量没有任何关系, q 值表示自变量解释了 $100 \times q\%$ 的因变量。

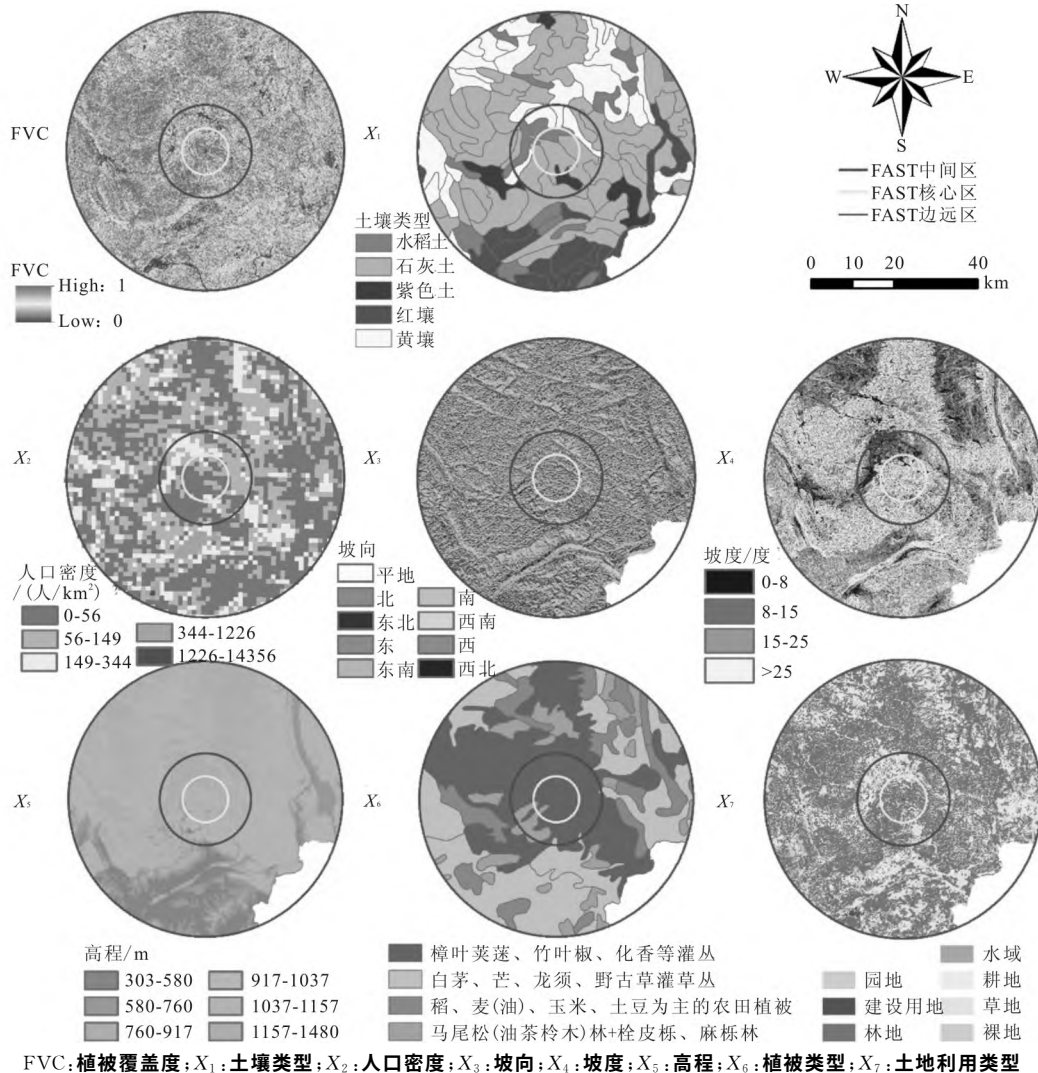


图2 FAST周边FVC空间分异影响因子

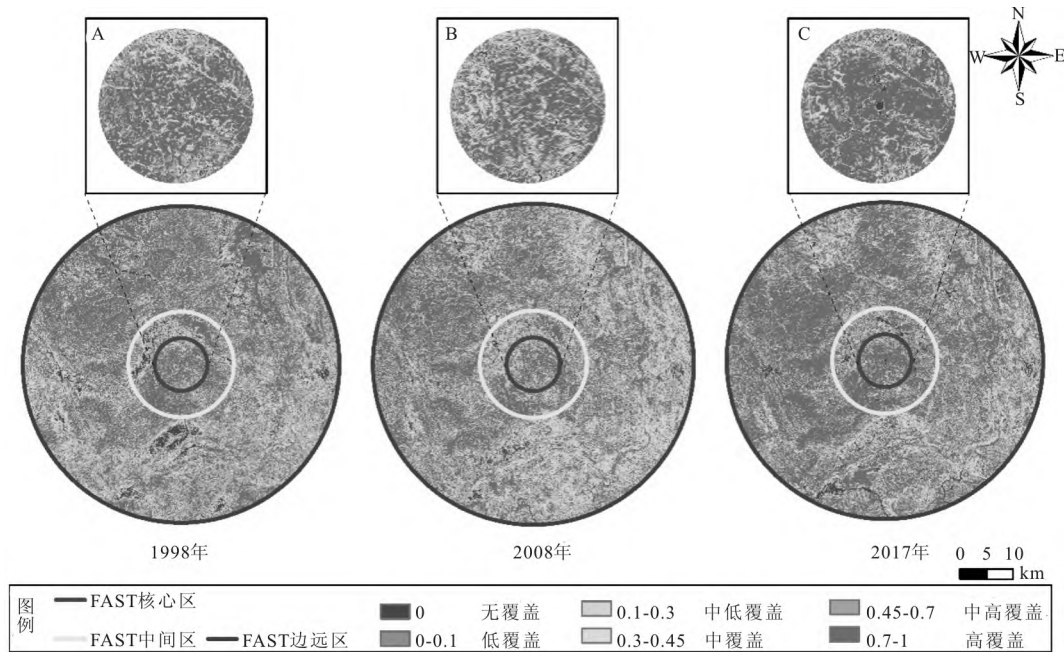
交互作用探测:识别不同风险因子之间的交互作用,即评估2个自变量共同作用时是否会增加或减弱对因变量的解释力,或这些自变量因子对因变量的影响是相互独立的^[18]。

本文将研究区的FVC作为因变量,自然影响因子(土壤类型、坡度、坡向、高程、植被类型)和人类活动影响因子(土地利用类型、人口密度)作为自变量,构建FAST周边FVC空间分异影响机制分析模型,因子空间化如图2所示。

4 结果与分析

4.1 1998~2017年FAST周边FVC时空演变分析

基于像元二分模型计算了1998~2017年FAST周边植被覆盖度,并利用ArcGIS对计算结果进行分级显示(图3)。结合Google影像和土地利用数据观察可知,无覆盖区域一般为水体、城乡居民点、宽阔道路或大片裸露岩石等区域;低覆盖和中低覆盖区域,一般为居民点与周边植被的混合像元点、低植被覆盖的耕地和草



A: 1998年核心区FVC; B: 2008年核心区FVC; C: 2017年核心区FVC

图3 1998~2017年FAST周边FVC空间分布

地、两边为植被覆盖的河滩、小面积裸地等区域;中覆盖、中高覆盖和高覆盖区域,则对应于不同植被覆盖的林地和草地。

从整体分布和变化趋势上看,FAST周边植被覆盖情况较好,1998~2017年间,整体植被覆盖情况呈现先退化后改善的趋势。中高和高覆盖区域面积占比分别为67.09%、58.51%和70.99%,无覆盖和低覆盖区域主要集中在城乡建设中心及周边,如北部太阳乡和姜塘乡之间大片农用地、克渡镇和塘边镇周边建设开发用地和耕地、董当乡和云干乡之间大片耕地和城乡居民点、罗甸县县城周边、西凉乡周边等区域。1998~2008年期间,无覆盖区域面积有所减少,变化幅度不大,但中高

覆盖区域和高覆盖区域面积分别减少约134.20 km²和108.45 km²,减少幅度均超过10%,低覆盖区域和中低覆盖区域面积增加数量较大,分别为43.71 km²和160.57 km²。从空间分布上看,1998~2008年高覆盖减少区域主要集中在大塘镇南部、通州镇和西凉乡北部,中低覆盖和中覆盖增加区域主要分布在太阳乡中部、姜塘乡西北部、克渡镇和茂井镇集中居民点周边、西凉乡、通州镇、董当乡、牙舟镇、龙坪镇东部等地。2008~2017年期间,无覆盖区域面积增加11.07 km²,低覆盖、中低覆盖、中覆盖区域面积分别减少75.29 km²、210.89 km²和77.54 km²,而中高覆盖和高覆盖区域分别增加88.74 km²和263.92 km²(表2)。

表2 1998~2017年FAST周边FVC面积变化统计

km²

植被覆盖类型	1998年			2008年			2017年		
	核心区	中间区	边远区	核心区	中间区	边远区	核心区	中间区	边远区
无覆盖	1.01	15.12	108.95	1.97	10.80	104.94	1.74	16.53	110.50
低覆盖	1.41	9.70	89.09	3.08	12.15	128.68	0.75	5.87	62.01
中低覆盖	6.01	26.66	287.77	9.68	35.61	435.72	3.17	20.17	246.78
中覆盖	7.73	26.82	349.99	9.24	33.08	387.96	5.82	26.68	320.24
中高覆盖	22.83	61.02	761.07	19.18	61.92	629.60	20.39	66.43	712.62
高覆盖	39.54	96.23	915.76	35.38	81.99	825.73	46.64	99.87	1060.49

从核心区植被覆盖度空间分布和变化趋势上看,FAST核心区无覆盖和低覆盖区域主要集中于克渡镇落良村集中居民点、轿子山、小坡、往董架乡的条带区,以及中部的FAST工程区、南部的白龙村周边。植被覆盖变化方面,无覆盖、低覆盖、中低覆盖和中覆盖区域面积均经历了先增后减的趋势,而中高覆盖和高覆盖区域经历了先减后增的趋势,说明前10年由于人类活动或气候原因导致核心区植被覆盖情况变差,无覆盖、低覆盖区域面积扩大,而中高覆盖和高覆盖区域面积被其他

空间挤压;2008~2017年,无覆盖、低覆盖区域面积减少,中高覆盖和高覆盖区域面积扩大,说明FAST核心区生态环境质量得到有效保护。

从中间区植被覆盖度空间分布和变化趋势上看,FAST中间区的无覆盖、低覆盖区域主要集中在北部克渡镇、西部塘边镇、东部鼠场乡、东南部的董架乡乡镇周边,西南部和南部植被覆盖情况较好;1998~2008年期间,FAST中间区无覆盖和高覆盖区域面积减少,分别减少4.32 km²和14.24 km²,中高覆盖区域变化不大,

低覆盖、中低覆盖和中覆盖区域增加;2008~2017 年,无覆盖区域、中高覆盖区域和高覆盖区域面积增加,且高覆盖区域面积增幅较大,达到 21.81%,低覆盖、中低覆盖和红覆盖区域面积减少,分别为 6.28 km²、15.44 km² 和 6.40 km²。

从边远区植被覆盖度空间分布和变化趋势上看,FAST 边远区的无覆盖、低覆盖区域,主要集中于西南部罗甸县城、西部边阳镇、罗沙乡至栗木乡条带区域、董当乡至云干乡居名点和耕地等大片区域、通山镇、西凉乡周边等;中高覆盖和高覆盖区域,多分布于新塘乡西部、抵季乡、塘边镇西北部、云干乡北部、美塘乡等。1998~2008 年期间,无覆盖区域面积经历了先减后增趋势,但面积变化不大,变化幅度小于 10%,低覆盖、中低覆盖和中覆盖区域总体呈现先增后减趋势,其中中低覆盖区域 2008 年增幅较大,中高覆盖区域和高覆盖区域经历了先减后增的趋势,其中高覆盖区域从 1998 年的 915.76 km²,至 2017 年已增加到 1060.49 km²,增幅达 15.80%。

整体上,1998~2017 年间 FAST 周边 30 km 缓冲区内植被覆盖经历了先变差再转好的过程。从定性角度来看,整体 FVC 空间分布与自然气候、土壤类型、地形地貌等因素有关,局部区域与人类活动情况有着千丝万缕的关系。如随着人口膨胀、社会经济发展以及城镇化过程,FAST 周边各县乡集中居民点范围不断的扩大,生活生产区域不断吞噬周边的有植被覆盖的生态区域,体现在城乡居民点周边的无覆盖和低覆盖区域扩大。其次,自 FAST 工程开工建设以及投入使用过程中,对周边的 FVC 布局影响也较大,核心区体现在随着时间推移,FAST 工程区从中低覆盖、低覆盖和无覆盖转变为无覆盖,周边随着有道路建设,景区旅游设施建设,以及移民搬迁工程。中间区体现在 FAST 工程的投入使用,给周边乡镇带来旅游吸引力,尤其克渡镇和塘边镇周边的旅游配套设施开发。

4.2 FVC 空间分异主导因素分析

从自然活动影响和自然因素影响两个方面选取土壤类型(X_1)、人口密度(X_2)、坡向(X_3)、坡度(X_4)、高程(X_5)、植被类型(X_6)和土地利用(X_7)等 7 个因子作为自变量,将 FAST 周边 30 km 缓冲区内的 FVC 值作为因变量,利用 ArcGIS 中的随机采样工具提取 3000 个随机样点(贵州范围内),使用地理探测器模型对研究区 FVC 值的空间分异规律进行统计分析,统计主导影响因子的 q 值(图 4)。

结果表明,影响因子的 q 值由大到小的排序为植被类型>坡度>坡向>土壤类型>人口密度>土地利用>高程,其中植被类型因子的 q 值最大(0.4193),表明植被类型的分类分层对于 FVC 空间分异的解释力最强,这是因为不同的植被类型具有不同的结构、形态外貌和生态特点,尤其对于植被覆盖度的贡献程度不一样,生命周期长、枝叶茂密、体型高大的植被类型植被覆盖度较高,生态系统服务价值也较高。除了植被类型以

外, q 值较大的影响因子是坡度(0.3429)和坡向(0.307),植被生成环境往往与水热条件等综合因子密切相关,坡度的平峭,影响着水土的保持能力,坡度越陡峭,越不容易涵养水土;坡向方面,阳坡(向南)日照时间长,阳光充足,利于植被进行光合作用,其次不同的坡向,温度、雨量、风速、土壤质地等都有不同程度的差异,植被类型不同和长势不同,长期以往不同坡向的 FVC 也就不同;土壤类型(0.235)、人口密度(0.2327)、土地利用(0.2319)等因素的 q 值相近,说明这些因子对于整体 FVC 空间分异的解释力差距不大;高程因子的 q 值最小(0.0929),对于 FVC 的解释力最小。

从影响因子的 q 值统计情况来看,自然因素(植被类型、坡度、坡向)对于 FAST 周边 FVC 值的整体空间分布影响较大,人类活动影响因素(人口密度、土地利用)对于 FVC 整体空间分布解释度较小,但是对于局部区域的 FVC 值影响较大,如农耕、城乡建设、工程建设等。

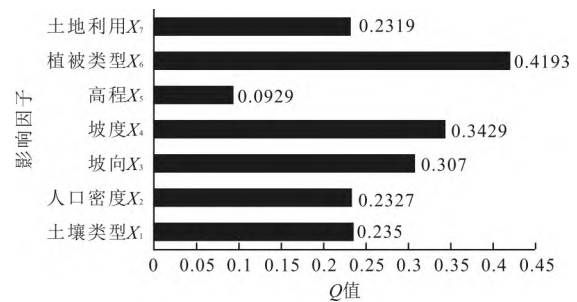


图 4 FVC 空间分异因子解释力探测结果

4.3 影响因素的交互作用分析

影响因素的交互作用探测,是为了探究当任意两个影响因子同时作用于因变量 FVC 时,其交互作用对于因变量的解释力怎样。依据探测结果的不同,一般存在多种情况,如果,则说明两个自变量因子对于因变量的解释力呈非线性减弱;如果 $q(X_1 \cap X_2) < \min(q(X_1), q(X_2))$,则说明两个自变量交互作用为单因子非线性减弱;如果 $\min(q(X_1), q(X_2)) < q(X_1 \cap X_2) < \max(q(X_1), q(X_2))$,说明交互作用为双因子增强;如果 $\max(q(X_1), q(X_2)) < q(X_1 \cap X_2)$,说明两个自变量相互独立;如果 $q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$,说明两个自变量之间交互作用为非线性增强。

通过探测 FVC 空间分异 7 个影响因子的交互作用可知(图 5),任意 2 个影响因子共同作用均出现增强关系,且增强类型为双因子增强和非线性增强,说明 FVC 的空间分异现象不是单因子作用的结果,而是多类型不同影响因子对植被覆盖的综合作用。土地利用类型(X_7)与土壤类型(X_1)、人口密度(X_2)、坡度(X_4)、植被类型(X_6)的均为非线性增强,且交互后的值较大,说明土地利用与这些因子的共同作用对 FVC 空间分布的影响较大,土地的高强度利用与其他自然条件以及不合理地建设开发活动的共同叠加作用,使得植被的生存空间被挤压。

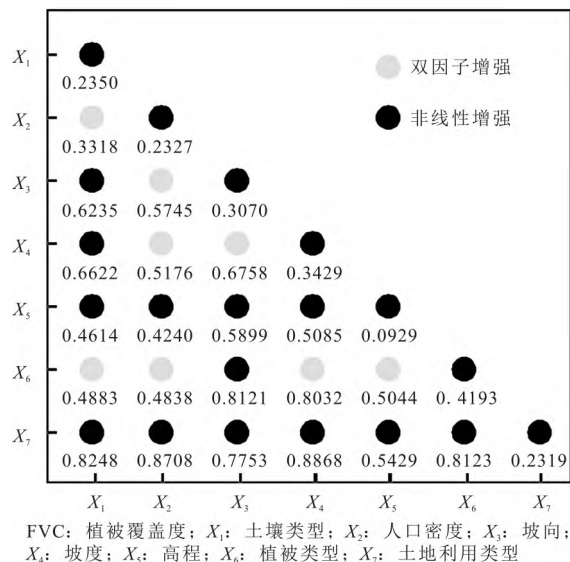


图5 FAST 周边 FVC 空间分异交互探测

5 结论与讨论

5.1 讨论

本文基于像元二分模型估算 1998~2017 年 FAST 周边 FVC 值,利用土地利用数据和高分辨率 Google 影像作为参考,解决像元二分模型中纯裸土和纯植被覆盖区域的参数选取问题,然后使用 ArcGIS 对 FVC 核心区、中间区和边远区等进行时空演变特征分析;其次,从自然影响和人类活动两个角度选取 7 个影响因子,利用地理探测器识别 FVC 空间分异影响机制,分析 FVC 空间分异的主导影响因子和因子间的交互关系。

总体来看,1998~2017 年期间,FAST 周边 30 km 缓冲区内的植被覆盖情况呈现先退化后改善,整体空间分布特征变化不是很大,局部区域受人类活动影响导致无覆盖和低覆盖面积增加,尤其是克渡镇和塘边镇及周边、罗甸县城及周边、云干乡至董当乡条带区等,其中部分区域受 FAST 工程建设影响,大力开发旅游产业,部分生态空间受到挤压;FAST 核心区、中间区和边远区不同等级 FVC 变化趋势,总体差异不大,尤其是核心区移民搬迁以后,生态环境得到进一步改善。研究中植被类型、坡度和坡向等 q 值较大,自然因素对于 FVC 整体空间分异解释力更强,而人类活动因子对于 FVC 整体布局的影响,主要体现在局部区域;通过影响因子交互探测分析可知,选取的因子两两之间均出现增强现象,分为双因子增强和非线性增强,说明 FVC 空间分异是多因素共同作用而成。

研究过程中,也有部分值得探讨和思考之处。如尺度问题,本研究的研究区域为 FAST 项目区 30 km 缓冲区,因数据获取难度,且研究区域尺度为中小尺度,理论上认为雨量、温度等因素影响力较小,故没有加入到模型之中进行探测,如裴志林研究之中^[19],因其研究区域为范围较大的黄河中上游,在影响因子之中加入了气候类环境因素,祝聪等^[20]学者的研究之中,加入了降水

和气温等影响因素,因此以后的研究工作,可以考虑增加植被生长过程影响的其它因子,使研究结果更具全面性;其次是本文使用的人口密度数据为 1 km 空间化数据,因其分辨率低,对于地理探测器分析结果具有一定的影响,人口密度或者人类活动影响的数据空间化、精细化问题仍然是难点之一。

5.2 结论

(1)1998~2017 年期间,FAST 周边的植被覆盖总体呈现先退化后改善的趋势,其中中高覆盖和高覆盖区域面积均大于整个研究区域的 55%,无覆盖、低覆盖区域主要集中于罗甸县城周边、罗沙乡一边阳镇—栗木乡—塘边镇—克渡镇条带、云干乡—沫阳镇—董当乡条带、新塘乡—通州镇条带以及西凉乡周边,中高覆盖和高覆盖区域主要集中于抵季乡南部、塘边镇东北和西南部、克渡镇南部、新塘乡和姜塘乡之间、云干乡北部等区域。

(2)FVC 空间分异 q 值探测结果为植被类型(X_6)>坡度(X_1)>坡向(X_4)>土壤类型(X_1)>人口密度(X_2)>土地利用(X_7)>高程(X_5),植被类型因子的 q 值最大(0.4193),高程因子 q 值最小(0.0929),自然因素对于 FVC 空间分异解释力较强,人类活动因素解释力较弱。

(3)选取的 7 个影响因子对于 FVC 空间分异的解释力,任意两两因子之间交互呈现增强作用,增强类型主要为双因子增强或非线性增强,其中土地利用类型(X_7)与土壤类型(X_1)、人口密度(X_2)、坡度(X_4)、植被类型(X_6)的均为非线性增强,且交互后的值较大,对于 FVC 空间分异起到较强的影响作用。

参考文献:

- [1]Suzuki R, Masuda K, Dye D G. Interannual covariability between actual evapotranspiration and PAL and GIMMS NDVIs of northern Asia[J]. Remote Sensing of Environment, 2007,106(3):387~398.
- [2]肖建勇,王世杰,白晓永,等. 喀斯特关键带植被时空变化及其驱动因素[J]. 生态学报,2018,38(24):8799~8812.
- [3]贾 坤,姚云军,魏香琴,等. 植被覆盖度遥感估算研究进展[J]. 地球科学进展,2013,28(7):774~782.
- [4]马 娜,胡云锋,庄大方,等. 基于遥感和像元二分模型的内蒙古正蓝旗植被覆盖度格局和动态变化[J]. 地理科学,2012,32(2):251~256.
- [5]彭文甫,张冬梅,罗艳玫,等. 自然因子对四川植被 NDVI 变化的地理探测[J]. 地理学报,2019,74(9):1758~1776.
- [6]祝 薇,向雪琴,侯丽朋,等. 基于 Citespace 软件的生态风险知识图谱分析[J]. 生态学报,2017,38(12):4504~4515.
- [7]张学玲,张 莹,牛德奎,等. 基于 TM NDVI 的武功山山地草甸植被覆盖度时空变化研究[J]. 生态学报,2018,38(7):2414~2424.
- [8]李会贤,南仁东. FAST 工程进展及展望[J]. 自然杂志,2015,37(6):424~434.
- [9]南仁东,李会贤. FAST 的进展——科学、技术与设备[J]. 中国科学:物理学力学天文学,2014,44(10):1063~1074.
- [10]高江波,焦珂伟,吴绍洪. 1982—2013 年中国植被 NDVI 空间异质性的气候影响分析[J]. 地理学报,2019,74(3):128~137.

- [11]孔冬冬,张强,黄文琳,等. 1982—2013 年青藏高原植被物候变化及气象因素影响[J]. 地理学报, 2017, 72(1):39~52.
- [12]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(4):154~160.
- [13]张成才,姜洋,李颖,等. 基于像元二分模型的伏牛山地区植被覆盖度变化[J]. 水土保持研究, 2020, 27(3):301~307.
- [14]杨钱,席武俊. 基于 Landsat 影像的楚雄市 2002~2016 年植被覆盖度变化研究[J]. 世界生态学, 2018, 7(3):143~152.
- [15]袁士聪,谷甫刚. 基于归一化指数(NDVI)的植被覆盖度分级研究——以贵州省为例[J]. 环保科技, 2018(3).
- [16]王欢,高江波,侯文娟. 基于地理探测器的喀斯特不同地貌形态类型区土壤侵蚀定量归因[J]. 地理学报, 2018, 73(9):1674~1686.
- [17]王伟. 基于地理探测器模型的中亚 NDVI 时空变化特征及其驱动因子分析[J]. 国土资源遥感, 2019, 31(4):32~40.
- [18]王劲峰,徐成东. 地理探测器:原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1):116~134.
- [19]裴志林,杨勤科,王春梅,等. 黄河上游植被覆盖度空间分布特征及其影响因素[J]. 干旱区研究, 2019(3):546~555.
- [20]祝聪,彭文甫,张丽芳,等. 2006—2016 年岷江上游植被覆盖度时空变化及驱动力[J]. 生态学报, 2019, 39(5):1583~1594.

Study on the Spatial and Temporal Evolution Characteristics and Influence Mechanism of Fractional Vegetation Coverage Around FAST

Zhao Zulun, Zhao Weiyan, Li Wei, Lü Sisi, Huang Liang, Xie Dongdong

(Institute of Mountain Resources of Guizhou Province, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: As a sensitive indicator of changes in ecological environment quality, the spatial and temporal evolution characteristics and impact mechanism of vegetation coverage have become the frontier and hotspot of global environmental change research. It is of great significance to assess the changes in the ecological environment quality around Five—hundred—meter Aperture Spherical Telescope (FAST) to maintain healthy operation of FAST. Based on multi—source remote sensing data from 1998 to 2017, this paper uses pixel dichotomy model and geographic detector to calculate and identify the spatial and temporal evolution characteristics and influence mechanism of vegetation coverage around FAST from two perspectives of human activity and natural impact. The results show that: (1) From 2008 to 2017, the overall vegetation coverage around FAST is good, and FVC shows a trend of degrading first and then improving; (2) The dominant factors of FVC spatial differentiation are vegetation type, slope and aspect. Natural factors have a stronger explanatory power for spatial differentiation, and human activities affect local areas; (3) Any factor has two—factor enhancement or nonlinear enhancement, and the combined effect of land use and other factors has a greater impact on FVC spatial differentiation.

Key words: geographic detector; fractional vegetation cover (FVC); pixel dichotomy model; influencing mechanism; FAST

欢迎订阅《绿色科技》

《绿色科技》(英文名:Journal of Green Science and Technology)是由湖北省林业局主管、花木盆景杂志社主办、武汉新兴绿色科技研究所协办的绿色科技类学术期刊。本刊是中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊网、万方数字化期刊群、中文科技期刊数据库、中国学术期刊(光盘版)、龙源国际期刊网等全文收录期刊。本刊创办于 1963 年,半月刊,国内统一刊号:CN42—1808/S,国际标准刊号:ISSN 1674—9944,国际大 16 开本精美印刷,全国公开发行人,是全国从事农业、林业、生态、环保、旅游、自然资源、绿色产业与经济、绿色建筑等行业科研、教学、经营、管理工作者的主要参考刊物和论文发表平台。

订阅:本刊市场部

广告许可证:武工商广字 4201009900004 号

定价:20 元 全年:480 元

编辑部地址:武汉市洪山区民族大道 888 号锦绣龙城 B41—1802 邮编:430073

电子邮箱:lskj2009@163.com;lskj2009@sina.com

网站地址:http://lskjzz.hmpj.com.cn

电 话:027—81328210 027—81328693 传 真:027—81328693