

山岳型风景名胜区的植被覆盖变化及其影响因素

——以我国 7 个国家级风景名胜区为例

宋鸿¹ 王淑月^{2, 3} 刘海²¹

(1. 湖北大学 旅游学院, 湖北 武汉 430062;

2. 湖北大学 资源环境学院, 湖北 武汉 430062;

3. 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210023)

【摘要】: 植被是山岳型风景区重要的生态景观要素, 研究其植被覆盖的动态变化及影响因素, 对山岳型风景区可持续发展具有重要意义。当前对于山岳型风景区植被覆盖的研究多以单个山岳型风景区为主, 对多景区进行系统性、综合性的研究分析较为欠缺。以我国 7 个国家级山岳型风景名胜区为研究对象, 基于 1984~2018 年 Landsat 遥感数据计算 NDVI, 估算研究区长时序植被覆盖度, 并以回归分析、相关性分析与重心轨迹等方法, 分析山岳型风景名胜区植被覆盖的时空变化特征及其影响因素。结果表明: 在空间上, 大部分景区植被覆盖度呈降低趋势的面积大于增长的面积, 植被覆盖度沿旅游线路呈降低趋势的现象明显; 在时间上, 景区高植被覆盖度所占比例最大, 大多数表现为先增加后减少的特征; 景区植被重心移动轨迹与气候区的分布呈现一定的规律性, 位于同一气候区其移动轨迹相似, 驱动因素较为一致; 在旅游影响方面, 逐年增长的客流量对植被覆盖呈复杂性影响。

【关键词】: 山岳型风景名胜 植被 时空变化 驱动因素 旅游

【中图分类号】: Q948 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227 (2022)07-1548-11

山岳型风景区是以山地为旅游资源载体和构景要素的具有美感的地域综合体^[1]。因其优越的生态环境, 独特的地形, 以及得天独厚的自然景观而具有较高的旅游价值^[2]。根据 2017 年《中国城市建设统计年鉴》统计, 我国山岳型景区客流量达 49407.8 万人次。旅游接待量的迅猛增长, 在促进当地经济增长的同时, 也给当地生态环境带来压力^[1]。植被是山岳型风景区景观的重要组成部分, 其能为景区环境提供具有生命力的绿色, 产生显著的绿色景观效应^[3]。植被变化体现了自然以及人类活动对环境的交互作用^[4]。因此探索景区植被变化及驱动因素, 是平衡山岳型景区旅游资源开发和生态环境保护的有效途径。

植被覆盖度 (Fractional Vegetation Cover, FVC) 是指示地表植被生长状况的重要参数^[5]。随着空间信息技术的发展, 植被覆盖数据的获取不再局限于传统地面实测^[6]。目前估算植被覆盖度的方法主要包括经验模型法^[7]、混合像元分解和物理模型法等。其中, 归一化差值植被指数 (Normalized Different Vegetation Index, NDVI) 能够有效识别植被变化信息, 反映地表植被的繁

作者简介: 宋鸿 (1966~), 男, 副教授, 主要研究方向为绿色管理、生态旅游. E-mail: songh@hubu.edu.cn; 刘海 E-mail: liuhaili1191@163.com

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41971402); 国家重点研发计划项目 (2018YFC1506500)

茂程度, 是指示植被密度和长势的重要指示器^[8]。利用 NDVI 估算植被覆盖度与其他模型相比, 更具有普遍意义^[9]。

一些学者以我国山岳型国家级风景名胜区为对象, 从不同时空尺度对植被变化及其影响因素进行了研究。在研究区选择方面, 多数学者以单一风景区的植被变化为研究对象^[10,11]。在影响因素方面, 则以单因素的研究较多, 主要有气候因素^[12]、旅游干扰^[13,14]和地形因素^[15]等; 此外, 也有学者考虑到自然和人类活动交互作用, 综合多因素进行分析^[16,17]。总体来讲, 目前的研究在逐步深化, 区域空间上在持续增多, 但以多个景区, 从系统性与综合性方面进行研究仍较为欠缺。

因此, 本研究以我国 7 个国家级山岳型风景名胜区为例, 基于 1984~2018 年典型年份的 Landsat 遥感数据, 计算 NDVI, 采用像元二分模型估算植被覆盖度。运用一元线性回归与重心轨迹等方法, 对景区植被覆盖度的时空变化格局进行对比分析, 并进一步从气候、旅游干扰等方面分析其变化的影响因素, 以期总结出山岳型景区植被变化及影响因素的普适性特征, 为山岳型景区植被保护和恢复以及景区的可持续发展提供参考。

1 研究区概况与数据来源

山东泰山、安徽黄山、四川峨眉山、江西庐山、陕西华山、福建武夷山与山西五台山为我国第一批国家重点风景名胜区(现统称为国家级风景名胜区), 一直是我国重要的游客接待地, 旅游接待量呈现持续增长态势。根据《中国城市建设统计年鉴》(1999~2017), 7 个国家级风景名胜区在 2017 年游客接待量较 1999 年分别增长 174、217、1661、1932、205、188、528 万(五台山 2017 年数据来源于山西新闻网), 其中, 庐山 2017 年游客规模的增长量是 1999 年的近 27 倍。以上国家级风景名胜区具有典型性, 在我国风景名胜区的旅游发展与植被覆盖变化间关系的问题上具有代表性, 故选作本文的研究对象。

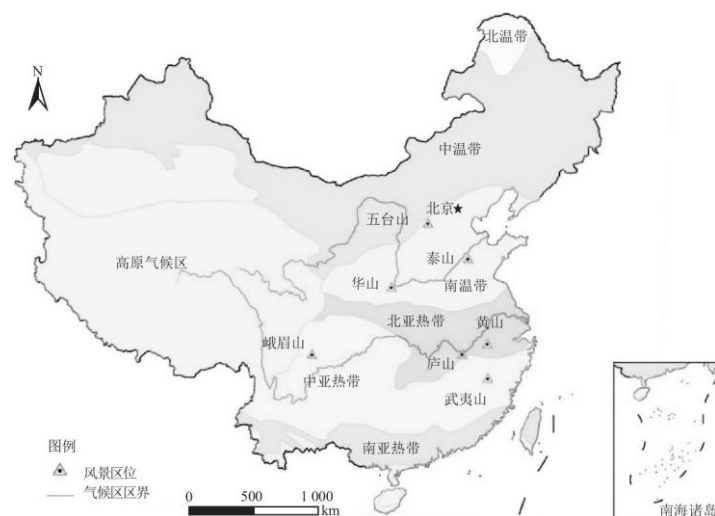


图 1 7 个国家级风景名胜区分布

遥感影像来源于美国地质勘探局 (United States Geological Survey, USGS) 数据共享网 (<http://glovis.usgs.gov/>) 提供的 Landsat TM/OLI 影像, 时间分辨率 16d, 空间分辨率 30m。研究下载了覆盖 7 个国家级风景名胜区的 1984~2018 年影像, 进行 NDVI 计算, 镶嵌, 裁剪等处理, 最后根据云覆盖情况筛选可用影像。

气候是植被变化的重要影响因素^[18,19], 气温、降水量和日照是主要气候因子^[20]。气候数据选用中国气象信息中心 (CMDI) 1984~2018 年的月平均气温、月降水量和日照时数站点数据。气候区划数据是来源于中国科学院资源环境科学数据中心的 中国气候区划图 (<http://www.resdc.cn>)。

游客量数据主要来自《中国城市建设统计年鉴》(1999-2017),个别数据来自权威新闻网站。

2 研究方法

2.1 遥感影像数据选取

NDVI 被定义为近红外波段(NIR)与红光波段(R)的反射率差值与反射率之和的比值,公式为 $NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$ ^[21]。综合 7 个国家级风景名胜区的可用影像,计算 NDVI,发现全年中 NDVI 最大值出现在植被生长季 6~9 月,因此,在此基础上选取研究影像。

由于植被生长季多云雾,部分影像不可用,故筛选出研究区 1984~2018 年可用影像共 903 景(表 1),且各景区可用影像数相差较大,庐山可用影像最少,仅有 10 景,而华山最多,有 45 景,考虑到多景区影像选取时间难以连续一致,因此以七年为间隔,分为 5 个时间段:1984~1990、1991~1997、1998~2004、2005~2011、2012~2018,选择每个时间段 NDVI 平均值最大的影像代表该时段的 NDVI,庐山由于受云雾影响严重,1984~1990 年生长季无可用影像,选用 10 月的 NDVI 平均值最大的影像代替。

表 1 可用影像统计表

景区	泰山	黄山	峨眉山	庐山	华山	武夷山	五台山
总可用影像数	201	129	59	88	161	124	141
生长季可用影像数	42	15	17	10	45	30	29

2.2 植被覆盖度计算

像元二分法原理是假设一个像元的信息由裸土与绿色植被两部分组成,混合像元中植被面积占比即为该像元的植被覆盖度^[22, 23],其计算公式为:

$$FVC = \frac{S - S_{soil}}{S_{veg} - S_{soil}} \quad (1)$$

式中: FVC 为植被覆盖度; S 为遥感传感器所观测到的信息; S_{veg} 为绿色植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息; S_{soil} 为土壤所覆盖的纯像元所得的遥感信息。研究发现植被覆盖度和 NDVI 之间存在极显著的线性相关关系^[24, 25],因此转换植被覆盖信息如下:

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

式中: $NDVI_{soil}$ 为裸土或无植被覆盖区域的 NDVI 值; $NDVI_{veg}$ 为纯植被像元的 NDVI 值。由于受光照条件、时空变化、影像质量与植被类型等众多因素影响, $NDVI_{soil}$ 和 $NDVI_{veg}$ 的实际值会发生变化^[26, 27, 28]。本文根据影像大小、影像清晰度和 NDVI 灰度分布等情况,发现采用 5%的置信度截取 NDVI 的上下阈值,选取累计频率为 5%的 NDVI 值作为 $NDVI_{soil}$, 累计频率 95%的 NDVI 值作为 $NDVI_{veg}$, 估算得到的植被覆盖度更加准确。

综合研究区域植被覆盖情况,将计算得到的植被覆盖度(FVC)分5级:非植被区域($FVC < 10\%$)、低植被覆盖度($10\% \leq FVC < 30\%$)、较低植被覆盖度($30\% \leq FVC < 45\%$)、中植被覆盖度($45\% \leq FVC < 60\%$)和高植被覆盖度($FVC \geq 60\%$) (图3)。

2.3 变化趋势分析

时间序列数据往往存在着某种长期趋势,分析长期趋势可以通过拟合趋势线,来反演长期趋势的变化态势^[29]。本文采用一元线性回归模型,以像元为单位,对植被覆盖度与时间序列进行回归分析,研究植被覆盖度变化趋势,计算公式如下:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n i \times F_i - \frac{1}{n} \times (\sum_{i=1}^n i) \times \sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n i^2 - \frac{1}{n} \times (\sum_{i=1}^n i)^2} \quad (3)$$

式中:K为变化趋势线的斜率;K>0表示监测时段内植被覆盖度增加;K<0表示监测时段内植被覆盖度减少;n为监测年数(本文中n为5个时间段);F_i代表第i年的植被覆盖度。

2.4 重心分析

重心的概念起源于力学,是指在区域空间上存在某一点,在该点前后左右各个方向上的力量对比保持均衡,通过重心迁移轨迹的对比能够更直观的研究事物总量在空间分布上的偏移及相关性^[30]。在地理空间分析中,区域属性重心具有重要意义^[31]。众多学者在人口、经济与工业等多个方面进行了重心分析^[32,33],因此为深入分析植被时空集聚和迁移特征,本文以FVC像元数据为基础,绘制属性重心迁移轨迹(图4)。计算公式如下:

$$X_t = \sum_{j=1}^n FVC_{tj} X_j / \sum_{j=1}^n FVC_{tj} \quad (4)$$

$$Y_t = \sum_{j=1}^n FVC_{tj} Y_j / \sum_{j=1}^n FVC_{tj} \quad (5)$$

式中:FVC_{tj}代表t时间段第j像元的植被覆盖度的值。

2.5 相关性分析

采用相关性分析研究风景名胜区平均FVC变化与气候因素的相关性^[34,35],相关性分析计算公式为:

$$R_{ab} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})(b_i - \bar{b})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{a})^2 \sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}} \quad (6)$$

式中:R_{ab}为变量a、b之间简单相关系数;a_i和b_i为第i期a和b变量值;a⁻为变量a在研究期内平均值;b⁻为变量b在研

究期内平均值；n 为研究期。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖时空变化特征

3.1.1 整体变化分析

基于选取的国家级风景名胜区 5 个时间段影像，计算各时段植被覆盖度，并以像元为单位进行变化趋势分析，得到研究区 1984~2018 年植被覆盖度变化趋势空间差异图(图 2)和统计表(表 2)。从整体上看，黄山、峨眉山、五台山、庐山与武夷山植被覆盖度呈降低趋势时面积大于增长的面积，而泰山、华山植被增长面积大于退化面积。其中泰山植被覆盖度呈增长趋势的面积最大，占到 53.97%;武夷山植被覆盖度呈降低趋势的范围最广，占到 73.95%。

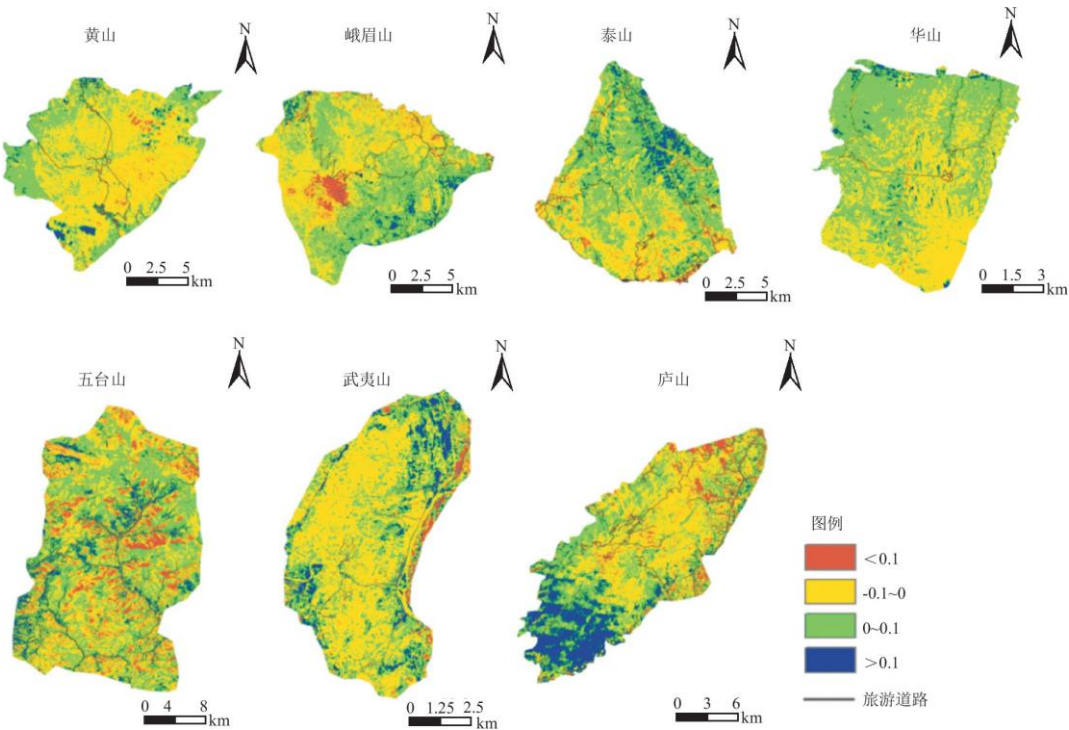


图 2 1984~2018 年植被覆盖度变化趋势空间差异图

表 2 1984~2018 年植被变化统计表

比例	黄山	峨眉山	泰山	华山	五台山	武夷山	庐山
退化趋势比例 (%)	64.42	54.17	46.03	48.08	64.09	73.95	52.00
增长趋势比例 (%)	35.58	45.83	53.97	51.92	35.91	26.05	48.00

结合图 2 可知，泰山东北部植被覆盖度变化趋势多为增长；武夷山中部植被覆盖度呈降低趋势的现象较为普遍。此外，庐山

西南部植被有较为明显的增长；峨眉山中部偏南植被存在较大范围的退化；所有景区均存在植被沿旅游路线退化的现象。

3.1.2 分级变化分析

统计研究区 5 个时间段各等级植被覆盖度面积，结合图 3 可知研究区不同等级的植被覆盖度面积比例整体表现为高覆盖度>中覆盖度>较低覆盖度>低覆盖度，并且高植被覆盖度所占比例均占研究区面积一半以上。其中高植被覆盖度武夷山面积占比最大，泰山最小。

从不同类型植被覆盖度的变化上看，高植被覆盖度类型变化最大，存在高覆盖度与其他类型互相转化的情况。多数景区 1984~2018 年高植被覆盖度区变化的整体趋势表现为先增加后减少，高植被覆盖度区面积最大的时间段分布在 2(1991~1997)、3(1998~2004)或 4(2005~2011)阶段。第 4 阶段(2005~2011)到第 5 阶段(2012~2018)，除峨眉山风景区，其他景区高植被覆盖度区面积均呈减少趋势。

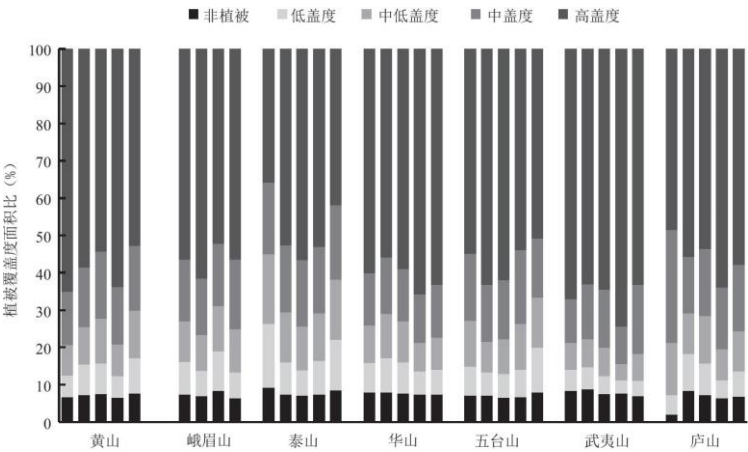


图 3 植被覆盖度分级面积比例图

注：每个景区从左到右为 1~5 时间阶段(峨眉山第 1 阶段数据缺失)。

3.1.3 重心变化分析

对研究区植被覆盖重心进行分析，得到研究时序的重心轨迹图(图 4)，可以看到，华山、庐山重心轨迹主要在南北方向变化；五台山、峨眉山、黄山重心主要在东西方向变化；武夷山、泰山在多个方向上都有明显的变化。

3.2 植被覆盖影响因素分析

3.2.1 气候因素

结合图 1、图 4，通过对比分析发现研究区植被覆盖度的重心移动与气候区存在一定的相关性。五台山、泰山、华山位于南温带，其中泰山和华山的心移动轨迹均表现为先南移，再北移的特点。黄山、庐山位于北亚热带，其重心移动轨迹均表现为先东移，再西移。峨眉山、武夷山位于中亚热带，其重心移动轨迹均表现为先北移，再南移。由上分析可以看出，位于相同气候区景区重心变化轨迹相似，气候是影响植被动态变化的重要因素。

计算各个风景区降水量、气温、日照时数的每个时间段的年平均值,得到 FVC 与降水量、气温、日照时数变化图(图 5, 图 6, 图 7)。

将所有景区的平均 FVC 与降水量、气温、日照时数进行相关性分析,发现多表现为相关性不显著。考虑气候区的因素,将位于同一气候区的风景区每阶段平均 FVC 与降水、气温和日照时数做相关性分析,得到结果如表 3 所示,位于中亚热带的峨眉山和武夷山平均 FVC 与气温呈现正相关,相关系数为 0.713,与日照时数呈现负相关,相关系数为-0.707,位于南温带的泰山、五台山和华山风景区平均 FVC 与日照时数成正相关,相关系数为 0.596。因此,气候区是影响不同空间区域的植被覆盖的重要因素,位于同一气候区的植被覆盖变化较为一致,受某种或多种气候因素的影响更突出。

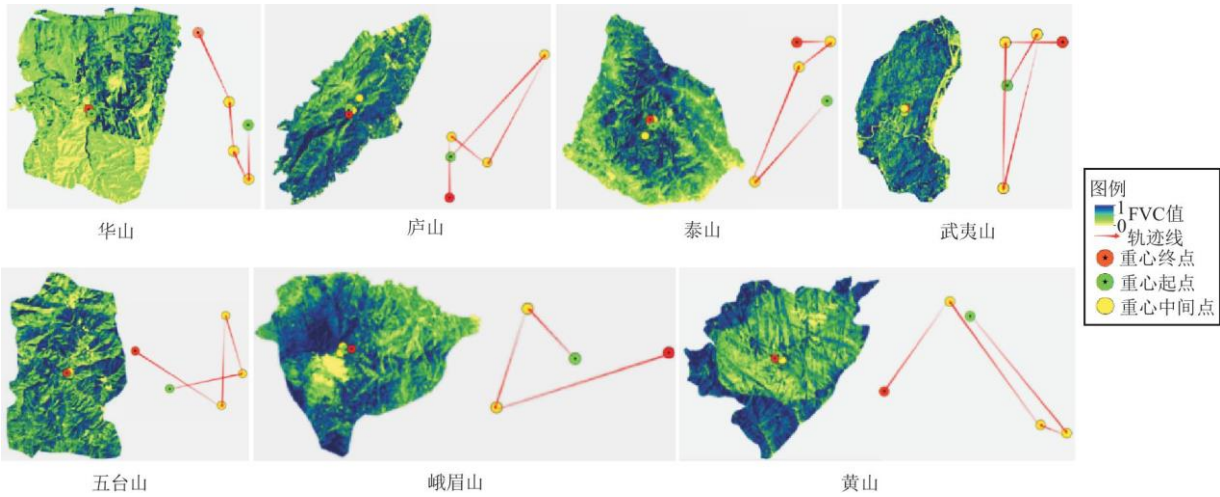


图 4 重心轨迹图

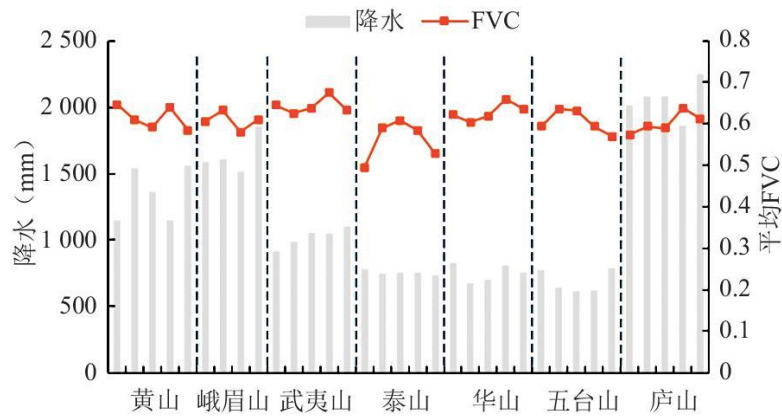


图 5 降水量与平均 FVC 变化图

3.2.2 旅游因素

旅游的快速发展不可避免地给景区的生态环境带来一定的影响^[36]。旅游开发初期,为了建设旅游设施用地,存在就地取材,砍伐森林等行为,导致植被覆盖率下降;此外,游人的旅游行为(野营、践踏、采集、用火等),干扰植物群落结构,对灌木层、草本层和幼树层的影响尤其明显。根据 7 个国家风景名胜区的游客量数据(图 8),各风景区客流量均呈现波动上升的趋势。其中峨眉山和庐山历年客流量相比于其他风景区多,尤其是在 2013 年前后,峨眉山增加了旅游项目,庐山加快了旅游产业转型升级,

故游客量呈快速上升趋势。

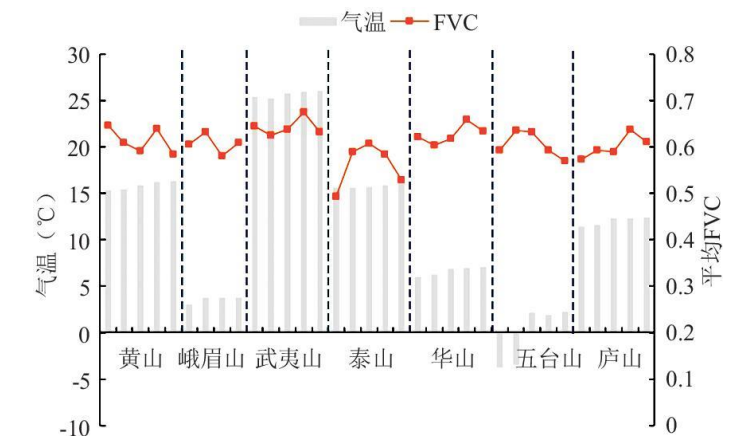


图 6 气温与平均 FVC 变化图

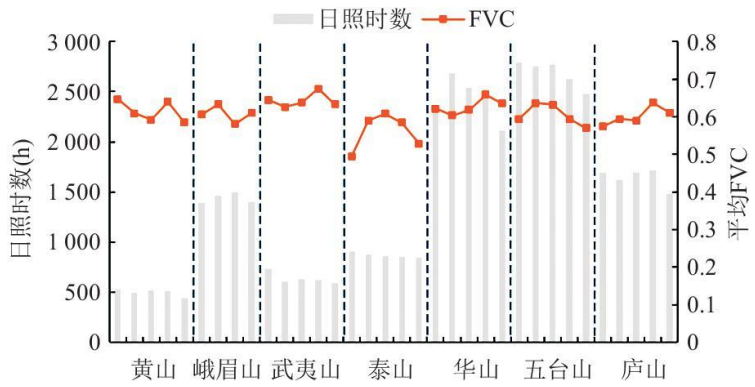


图 7 日照时数与 FVC 变化图

表 3 各个气候区植被覆盖与气候因素的相关性

气候区	景区	气温	降水	日照时数
北亚热带	黄山	-	-	-
	庐山			
中亚热带	峨眉山	0.713**	-	-0.707**
	武夷山			
南温带	泰山	-	-	0.596**
	五台山			
	华山			

注：**代表 $P<0.01$ ，-代表线性相关性不显著。

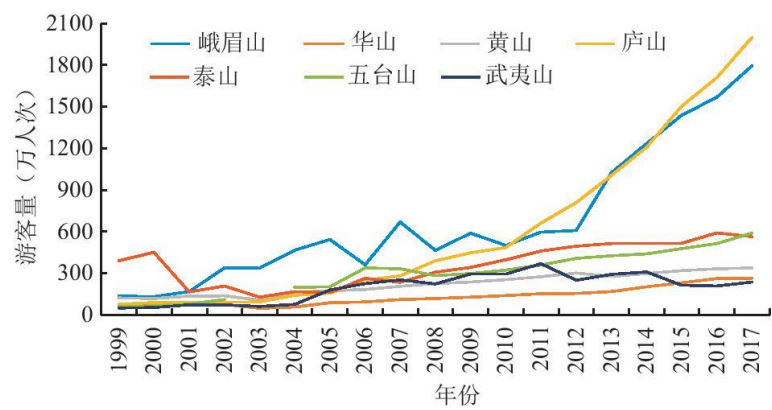


图 8 1999~2018 年 7 个国家级风景名胜区游客量

注：2001 年华山、2003 年五台山数据缺失。

图 9 为 3~5 阶段的各个景区植被覆盖度与对应时间段游客量的统计图，可以看出景区游客量和植被覆盖度间呈现出差异性的关系，如五台山的二者之间呈现出明显的负相关特征，而黄山的二者之间则更表现为关系性质不明确。旅游因素对植被状况的影响表现出复杂性，二者之间更有可能是一种非线性的关系。

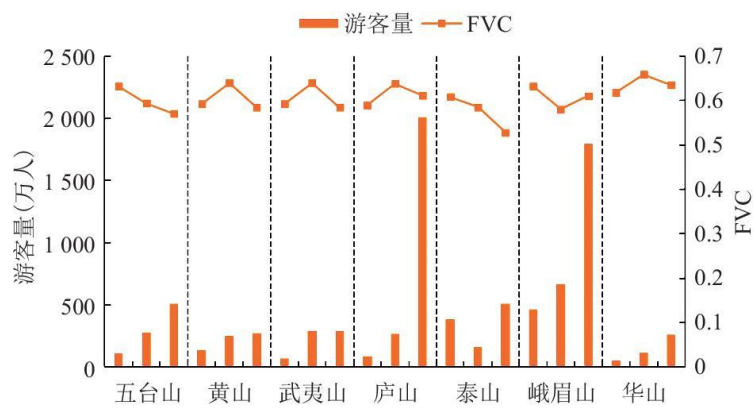


图 9 游客量与植被覆盖的变化情况

旅游活动在适度的规模，随着游客的增多，收入的增加，景区有更多的资金投入到了植被等生态环境的保护，故呈现客流量和植被覆盖同时上升的趋势。后期，随着旅游的快速的发展，过渡的旅游干扰，会使植物的整体数量和质量下降，植物多样性减少。在旅游旺季，游客人数超过景区的旅游环境承载力，导致景区植被受到破坏。

4 讨论

本文还存在不足和有待完善之处，山岳型景区植被变化与景区发展息息相关，我国 7 个国家级风景名胜区空间分布较散，水热状况不一，导致陆地植被生态系统也存在一定的差异，研究仅基于影像质量采用 5% 的置信度截取 NDVI 的上下阈值进行普遍植被覆盖度的估算，未综合考虑不同区域植被差异，因此，在未来的研究中，将更加关注不同区域的植被覆盖度计算的差异性。

由于本文采取的数据与研究方法不同导致研究结果与已有研究存在一定异同。庐山风景区在 1984~2018 年间植被覆盖度表现为先降后升再降, 期末回升水平低于期初水平, 其植被整体变化趋势与宋鸿等研究结果一致^[17]。五台山第 2~4 阶段中、高盖度植被一直处于不断退化的状态, 这与王宇等估算的 1990~2015 年五台山风景区植被覆盖度不断降低的研究结果一致^[14]。武夷山植被覆盖度变化趋势表现为先增长后降低, 这与杨绘婷等的研究结果存在一定的共性^[11], 但其空间上植被退化面积大于生长面积, 植被处于轻微退化的面积较大, 这主要由于研究时期不一致导致空间上存在一定差异性。

此外, 随着旅游业不断发展, 景区人类活动对植被的生长变化影响越来越大, 影响山岳型风景名胜区植被覆盖的驱动因素更加复杂。除气候因素和旅游因素, 森林病虫害对植被覆盖的影响也是不可忽视的方面, 其中松材线虫与美国白蛾、松突圆蚧是危害森林的三大病虫害, 被林业部定为森林病虫害之首。松材线虫病会导致树木 40d 左右枯死, 3~5a 摧毁成片松林, 美国白蛾则主要危害果树、行道树和观赏树木。王心同等^[37]分析了 2007 年我国自然风景区松材线虫病入侵形势, 指出部分自然风景区已受到严重威胁或危害, 其中黄山、庐山、武夷山等风景区均面临入侵威胁^[36]。根据国家林业和草原局公告, 截止到 2018 年, 松材线虫病疫区包括黄山市黄山区, 庐山市, 乐山市市中区等, 美国白蛾疫区包括泰安市泰山区。邻近乐山市市中区的峨眉山风景区已受到松材线虫病危害, 病疫区涉及到黄山、庐山、泰山等风景名胜区, 其中庐山 2009 年被确定为疫区, 泰山 2011 年被确定为美国白蛾疫区, 到 2018 年仍未撤销。因此第五阶段(2012~2018 年) 黄山、庐山、泰山风景区高植被覆盖度降低的部分原因是受森林病虫害的影响。生态保护政策一定程度上促进了植被覆盖度的提高, 2001 年国务院发布《关于进一步加快旅游业发展的通知》, 有关部门加强了对旅游资源开发的生态环境保护工作, 2000 年全国森林建设工程的也全面启动。生态工程的建设以及生态保护政策的实行是第 2~4 阶段风景区高植被覆盖度提高的原因之一。各种自然因素和景区人类活动的相互影响, 使植被变化的驱动机制变得更加复杂, 因此植被盖度变化的驱动机制研究需要在以后的研究中进行更细致的研究和讨论。

5 结论

基于我国 7 个山岳型国家级风景名胜区 1984~2018 年 Landsat 遥感数据, 计算 NDVI, 采用像元二分模型估算植被覆盖度, 运用一元线性回归与重心轨迹研究山岳型景区植被覆盖度的时空变化格局, 并进一步从气候与旅游干扰方面研究其影响因素。得到主要结论如下:

(1) 整体变化上, 1984~2018 年间, 黄山、峨眉山、五台山、庐山、武夷山植被覆盖度呈降低趋势的面积大于呈增长的面积, 泰山、华山呈降低趋势的面积小于呈增长的面积, 沿旅游路线的植被覆盖度呈降低趋势的现象较普遍。

(2) 覆盖类型方面, 高植被覆盖度区域所占比例、变化均最大, 整体表现为先增加后减少。植被重心在多个方向移动, 受不同因素影响而波动变化。重心移动轨迹与气候区有一定的关联性, 位于同一气候区重心变化轨迹相似。

(3) 植被长时序变化情况受多种因素影响。景区相同水热条件下植被生长退化情况趋于一致, 气候是影响不同区域的植被覆盖的重要因素; 逐年增长的客流量与中盖度和高盖度植被减少有一定联系, 过度的旅游活动对植被产生消极影响。

研究发现近年来山岳型风景区普遍存在植被退化现象, 除却气候等自然因素的影响, 人类活动导致的植被退化现象需引起相关部门的重视, 尤其是沿旅游路线区域及其周边裸土裸露区域是需要着重治理的地方。除了国家生态保护政策, 地方政府和群众的积极保护景区生态环境是保护景区植被的有效手段, 合理借鉴植被覆盖度提高的景区保护政策和措施, 探寻改善植被覆盖的方法是景区可持续发展的重要因素。

参考文献:

- [1] 黄成林. 山岳风景区生态环境问题[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 53-58.

-
- [2]朱国兴,王金莲,洪海平,等.山岳型景区低碳旅游评价指标体系的构建——以黄山风景区为例[J].地理研究,2013,32(12):2357-2365.
- [3]李敏,刘兴昌,张祖群.山岳型风景名胜区植物景观研究案例与模式[J].水土保持通报,2005,25(1):37-40.
- [4]白建军,白江涛,王磊.2000~2010年陕北地区植被NDVI时空变化及其与区域气候的关系[J].地理科学,2014,34(7):882-888.
- [5]GITELSON A A,KAUFMAN Y J,STARK R,et al.Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction [J].Remote Sensing of Environment,2002,80(1):76-87.
- [6]LIANG S,LI X,WANG J.Advanced remote sensing:Terrestrial information extraction and application [M].Pennsylvania:Academic Press,2012:475
- [7]岳健,穆桂金,唐自华,等.基于NDVI的新疆荒漠地区植被覆盖度遥感估算经验模型研究[J].干旱区地理,2020,43(1):153-160.
- [8]周才平,欧阳华,王勤学,等.青藏高原主要生态系统净初级生产力的估算[J].地理学报,2004,59(1):74-79.
- [9]吴炳伦,孙华,石军南,等.2000-2018年深圳市植被覆盖动态变化与预测[J].应用生态学报,2020,31(8):1-12.
- [10]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.
- [11]杨绘婷,徐涵秋.基于遥感空间信息的武夷山国家级自然保护区植被覆盖度变化与生态质量评估[J].应用生态学报,2020,31(2):533-542.
- [12]武正丽,贾文雄,赵珍,等.2000-2012年祁连山植被覆盖变化及其与气候因子的相关性[J].干旱区地理,2015,38(6):1241-1252.
- [13]程占红,赵蒙.旅游干扰对五台山植被景观区植物多样性的影响[J].干旱区地理,2012,35(4):578-586.
- [14]倪珊珊,彭琳,高越.旅游干扰对峨眉山风景区土壤及植被的影响[J].中国农业资源与区划,2016,37(3):93-96.
- [15]马少杰,付伟章,李正才,等.泰山南北坡植物物种多样性垂直梯度格局的比较[J].生态科学,2010,29(4):367-374.
- [16]张建亮,刘方正,崔国发.长白山国家级自然保护区植被时空变化及其驱动因子[J].生态学报,2016,36(12):3525-3536.
- [17]宋鸿,黄跃飞,刘海,等.近30年来庐山风景名胜区NDVI时空变化及其潜在影响因素分析[J].长江流域资源与环境,2019,28(4):917-927.
- [18]KEELING C D,CHIN J,WHORF T P.Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO₂ measurements[J].Nature,1996,382(6587):146-149.

-
- [19]WELTZIN J F,LOIK M E,SCHWINNING S,et al.Asses-sing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation[J].Bioscience,2003,53(10):941-952.
- [20]周伟,穆少杰,章超斌,等.1982-2010 年中国草地覆盖度的时空动态及其对气候变化的响应[J].地理学报,2014,69(1):15-30.
- [21]DEERING D W.Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors[J].Ph.d.thesis Texas A&M University College Station,1978:338-338.
- [22]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.
- [23]王新军,赵成义,杨瑞红,等.基于像元二分法的沙地植被景观格局特征变化分析[J].农业工程学报,2016,32(3):285-294.
- [24]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.
- [25]彭文甫,王广杰,周介铭,等.基于多时相 Landsat5 /8 影像的岷江汶川-都江堰段植被覆盖动态监测[J].生态学报,2016,36(7):1975-1988.
- [26]孙中平,刘素红,姜俊,等.中高分辨率遥感协同反演冬小麦覆盖度[J].农业工程学报,2017,33(16):161-167.
- [27]齐亚霄,张飞,陈瑞,等.2001-2015 年天山北坡植被覆盖动态变化研究[J].生态学报,2020,40(11):3677-3687.
- [28]张学玲,张莹,牛德奎,等.基于 TM NDVI 的武功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.
- [29]ZHU P,HUANG L,XIAO T,et al.Dynamic changes of habitats in China' s typical national nature reserves on spatial and temporal scales [J].Journal of Geographical Sciences,2018,28(6):778-790.
- [30]姜琳,冯文兰,郭兵.雅鲁藏布江流域近 13 年植被覆盖动态监测及与降水因子的相关性分析[J].长江流域资源与环境,2014,23(11):1610-1619.
- [31]原丽娟,毕如田,徐立帅,等.沁河流域植被覆盖时空分异特征[J].生态学杂志,2019,38(4):1093-1103.
- [32]徐建华,岳文泽.近 20 年来中国人口重心与经济重心的演变及其对比分析[J].地理科学,2001(5):385-389.
- [33]赵海霞,蒋晓威.长江三角洲经济与工业污染重心演变及脱钩机理[J].中国环境科学,2013,33(10):1911-1919.
- [34]YAN J W,CHEN B Z,FANG S F,et al.The response of vegetation index to drought:Taking the extreme drought disaster between 2009 and 2010 in Southwest China as an example[J].Journal of Remote Sensing,2012,16(4):720-737
- [35]GONG Z N,ZHAO S Y,GONG Z N.Correlation analysis between vegetation coverage and climate drought conditions

in North China during 2001-2013[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(2):143-160.

[36] 巩劫, 陆林, 晋秀龙, 等. 黄山风景区旅游干扰对植物群落及其土壤性质的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(5):2239-2251.

[37] 王心同, 赵宇翔, 郭文辉, 等. 我国自然风景区松材线虫病入侵形势与预防对策[J]. 中国森林病虫, 2008(2):39-41.