

中国森林乡村空间分布特征及其影响因素分析

唐明贵^{1,2}, 胡静^{1*}, 汤慧¹, 沈晓夏², 陈娴²

(1. 华中师范大学城市与环境科学学院/中国旅游研究院武汉分院, 武汉 430079; 2. 贵州商学院旅游管理学院, 贵阳 550014)

摘要: 森林乡村是生态文明建设的基本单元, 是建设美丽中国和生态宜居乡村的重要载体, 开展相关研究对推动乡村高质量发展具有重要的现实意义。基于全国 7 586 个森林乡村样本数据, 采用非均衡指数、Moran's I、热点分析和核密度估计工具识别森林乡村的空间分布特征, 利用地理探测器测算主要影响因子对森林乡村空间分异的解释力。结果发现: 1) 中国森林乡村呈现出“东部密中部散西部疏”的空间分异特征, 分布方向为“东北—西南”走向, 与胡焕庸线、气温和地形所形成的地理格局具有空间一致性。2) 森林乡村呈集聚分布模式, 空间溢出效应显著, 热点区域范围北至沧州, 南抵中山, 西至商洛, 东抵舟山 (118°~126°E, 24°~38°N); 极化现象突出, 形成 6 个一级核心区和 10 个二级核心区。3) 公路密度、林业产值密度、乡村文化密度、年均气温、城镇化率、平均海拔和地形起伏度是森林乡村空间分异的主要影响因子, 单因子空间分异解释力差异明显, 双因子交互解释力强于单因子作用, 公路密度、乡村文化密度和林业产值密度是交互解释力增强的关联主导因子。4) 自然环境是影响森林乡村空间分异的基础性因素, 并呈现出显著的气温和地形指向特征; 城镇化率和林业产值密度是重塑其空间格局的主要动力, 公路密度和乡村文化密度是其空间形态变化的引导力量, 森林乡村空间格局是多因子长期交互作用的结果; 研究还发现, 随着公路密度、林业产值密度和城镇化率的增加, 森林乡村数量和密度总体上呈现“先增后减”的阶段性变化特征。5) 将森林乡村划分为都市型、交通型、产业型、文化型和综合型 5 大类, 其中, 都市型森林乡村主要分布在省会城市, 区位优势显著, 交通型、产业型和文化型森林乡村在不同区域形成集聚分布, 单要素优势特征明显, 而综合型森林乡村多要素作用相对均衡。未来, 中国森林乡村建设与发展应根据其空间分布特征及其影响机制, 按照因地制宜、分类推进和差异化发展原则, 通过科学规划、合理布局 and 城乡统筹, 有序推进森林乡村增量扩展和存量更新, 有效解决乡村生态环境恶化和传统文化衰败问题。同时, 不断提升主导因子的驱动能力, 发挥不同类型森林乡村的比较优势, 促进城乡融合发展, 推动森林乡村全面振兴。

关键词: 农村; GIS; 森林乡村; 空间分布; 影响因素; 地理探测器; 类型划分; 乡村振兴

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.10.031

中图分类号: TU982.29

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2022)-10-0258-09

唐明贵, 胡静, 汤慧, 等. 中国森林乡村空间分布特征及其影响因素分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(10): 258-266.

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.10.031 <http://www.tcsae.org>

Tang Minggui, Hu Jing, Tang Hui, et al. Spatial distribution and influencing factors of forest villages in China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2022, 38(10): 258-266. (in Chinese with English abstract) doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2022.10.031 <http://www.tcsae.org>

0 引言

森林乡村是指乡村自然生态风貌保存完好, 乡土田园特色突出, 森林功能效益显著, 乡村生态文化繁荣, 保护管理有效^[1], 生产生活功能完备, 以农业人口为主的居民点^[2]。森林乡村是生态文明建设的基本单元, 是建设美丽中国和生态宜居乡村的重要载体, 是传承和弘扬中华农耕文明的重要场域。由于中国城乡二元结构的长期存在, 农村经济增长模式粗放, 以及长期对生态环境价值的忽视, 中国乡村正面临生态环境质量总体恶化和传统文化走向衰败的双重困境^[3]。近年来, 国家颁布的一系列文件中多次涉及应对森林乡村建设的政策和措施, 例如: 2018 年, 党中央国务院印发《乡村振兴战略规划

(2018—2022 年)》, 提出“按照产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕的总要求”, 统筹推进农村绿色发展和服务设施建设, 让农村成为安居乐业的美丽家园; 2019 年, 国家林业和草原局发布《国家森林乡村评价认定办法(试行)》, 规范开展森林乡村评价认定工作, 扎实推进国家森林乡村建设, 助力乡村振兴; 2021 年, 《“十四五”规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出, “把乡村建设摆在社会主义现代化建设的重要位置, 优化生产生活生态空间, 持续改善村容村貌和人居环境, 建设美丽宜居乡村”。表明新时代国家对乡村发展的高度重视, 未来森林乡村将成为高颜值生态空间、高品质旅居空间和高效率生产空间^[4]。政府正在通过利好政策解决当前乡村生态破坏、环境污染和文化衰退问题, 以及满足农村居民对未来生态宜居环境的向往。

随着大众环境意识的觉醒和人们对生活环境质量要求的不断提高, 崇尚大自然、回归乡村本真开始成为一种时尚追求。结合自然优先和以人为本原则来协调人地关系, 已成为景观规划^[5]、乡村规划^[6]、人居环境规划^[7]等众多

收稿日期: 2021-12-21 修订日期: 2022-04-10

基金项目: 贵州省理论创新课题 (GZLCLH-2021-519)

作者简介: 唐明贵, 博士生, 副教授, 研究方向为旅游与区域发展。

Email: 277529186@qq.com

*通信作者: 胡静, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为旅游与区域发展。

Email: huj@mail.ccnu.edu.cn

领域的理论研究和实践主流。近年来,乡村研究主题主要包括乡村振兴与扶贫^[8]、乡村治理^[9]、乡村空间重构^[10]、乡村文化建设^[11]、乡村人居环境评价^[12]、乡村聚落空间分布及影响因素^[13-14]、乡村森林资源利用^[15]、乡村人居环境空间分布特征^[16]、森林乡村保护与生计^[17]、乡村与森林的关系^[18]等领域。既有文献主要从村域尺度,采用数理统计、空间统计和历史文献方法,对乡村生态文化保护、资源开发、空间重构和环境治理开展了较为广泛的研究,为乡村可持续发展提供了有力的理论支持和实践指导,并在乡村振兴和乡村治理方面取得重大研究进展,但缺少从宏观尺度探究森林乡村空间格局及其影响因素^[19-20]。通过文献梳理发现,既有研究还存在以下不足:首先,仅用数量指标表征森林乡村分布特征,难以克服研究单元由于国土面积差异较大对空间分异产生的影响,忽略了森林乡村密度属性值之间的空间相关性;其次,林业产值和乡村文化作为评价森林乡村的重要指标未作为影响因子,并且影响因子未经过主成分提取,存在因子信息重叠问题,人文环境因子对森林乡村分布的阶段影响特征也尚未涉及;最后,既有研究缺乏对主导因子解释力的差异比较、交互机制分析以及森林乡村类型划分。因此,本文从地级单元尺度,采用数量和密度两个指标,综合运用空间统计和数理统计方法,揭示森林乡村空间分布特征及其影响机制,以期对森林乡村生态文明建设和高质量发展提供决策参考。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区域

研究区域为中国 31 省(直辖市、自治区),不含中国香港、澳门和台湾地区。研究的基础单元为地级及以上行政区,将省(直辖市、自治区)直管县邻近并入原属或代管地级行政区,北京、上海、天津和重庆 4 个直辖市以及海南省、西藏自治区、新疆维吾尔自治区和宁夏回族自治区列入地级以上行政区,共得到 311 个地级及以上行政区空间单元(简称“地级单元”)。选择地级尺度的理由是地级单元是森林乡村建设与发展、区域性相关政策的制定与实施以及行政资源配置的基本行政单元,是能够完整获取本研究基础数据的最小空间单元,而且,与地级以上尺度相比森林乡村空间分异特征更显著,因此,地级单元尺度可以增强本研究的借鉴和指导意义。

1.2 研究数据

采用 Google earth 对研究样本进行地理坐标采集,然后借助 ArcGIS 软件对获取的信息进行空间数字化处理并导入矢量图,建立森林乡村空间属性数据库。研究样本来源于国家林业和草原局(<http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/>)2019 年公布的第 1 批和第 2 批国家森林乡村名单,共 7 586 个森林乡村地。中国行政区划图来源于国家自然资源部(<http://www.mnr.gov.cn/>),中国河流、交通等矢量图以及 250 m DEM、年均气温和年均降水量(经 DEM 校正)栅格数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心(<http://www.resdc.cn>),林业产值、国内生产

总值、常住人口、城镇化率、公路里程、森林覆盖率等数据来源于 311 个地级单元 2020 年统计年鉴、国民经济和社会发展统计公报等资料,少数缺失值采用趋势外推法进行估算补充。由于中国传统村落、乡村旅游重点村与森林乡村中“乡村文化”评价指标具有内在一致性,本文将传统村落和乡村旅游重点村合并处理得到的 7 750 个样本数据作为地级单元乡村文化的替代指标。森林乡村的起伏度、海拔、气温、降水以及与水系和公路的距离数据分别采用 ArcGIS 软件中焦点统计、提取分析和邻近分析工具从对应的栅格和矢量数据中提取。

2 研究方法

研究方法主要有:1)利用基尼系数测算地级单元森林乡村数量和密度的非均衡度,判定森林乡村是否存在空间分异;2)利用地理探测器探测影响因子对森林乡村空间分异的解释力,探究其分异机理;3)利用标准差椭圆分析森林乡村空间分布的中心性、方向性和空间范围;4)利用 Moran's I 揭示地级单元森林乡村是否在空间上相关及其程度如何;5)采用热点分析工具刻画森林乡村的高低值集聚区;6)利用核密度估计工具识别森林乡村空间分布的核心区。

2.1 非均衡度

森林乡村非均衡度,是反映地级单元之间森林乡村分布不均衡程度的指标,采用基尼系数模型进行测算^[21]。计算式如下:

$$G = \frac{1}{2n^2u} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |y_i - y_j| \quad (1)$$

式中 G 为森林乡村非均衡指数, $n=311$, u 为地级单元森林乡村数量或密度均值, y_i 、 y_j 分别为第 i 个和第 j 个地级单元森林乡村数量或密度值。

2.2 地理探测器

探测森林乡村密度的空间分异性,通过比较地级单元森林乡村密度层内方差与层间总方差来确定其分异性大小,用 q 值表示^[22]。计算式如下:

$$q = 1 - \frac{1}{n\sigma^2} \sum_{h=1}^L n_h \sigma_h^2 \quad (2)$$

式中 $n=311$, σ_h^2 和 σ^2 分别是 h 地级单元和中国森林乡村密度的方差。 q 的取值范围为 $[0, 1]$,表示影响因子对森林乡村空间异质性的解释力, q 值越大解释力越强,其统计学显著性可以用地理探测器软件进行检测。

2.3 空间统计法

1)标准差椭圆。由美国社会学家 Lefever 等^[23]提出的用于揭示地理要素空间分布特征的空间统计方法,可以借助 ArcGIS 软件中“度量地理分布”工具测算森林乡村标准差椭圆的重心、转角、长轴、短轴、面积等基本参数,描绘森林乡村空间分布的中心性、展布性、方向性和空间形态特征。

2)Moran's I。用于测度中国森林乡村的空间自相关性,目的是揭示地级单元森林乡村是否在空间上相关及其程度如何,以及对临近区域的影响程度。借助 Moran's

I 计算结果,可分析地级单元森林乡村是否存在空间溢出效应。计算式如下:

$$I = \frac{n \sum_i \sum_j W_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{(\sum_i \sum_j W_{ij}) \sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

式中 I 为全局莫兰指数, $n=311$, W_{ij} 为空间权重, y_i 、 y_j 分别为第 i 个和第 j 个地级单元森林乡村的密度值, \bar{y} 为平均值。 I 的取值范围为 $[-1, 1]$, $I < 0$ 为负相关, $I = 0$ 为随机分布, $I > 0$ 为正相关。

3) 热点分析。统计度量地级单元森林乡村空间分布的热点与冷点区域。计算式如下:

$$G_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{i,j} - \bar{y} \sum_{j=1}^n w_{i,j}}{S \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[n \sum_{j=1}^n w_{i,j} - (\sum_{j=1}^n w_{i,j})^2 \right]}} \quad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j^2 - (\bar{y})^2}$$

式中 G_i 为森林乡村集聚指数, W_{ij} 为地级单元 i 和 j 之间的权重矩阵; y_j 为第 j 个地级单元森林乡村密度值; \bar{y} 为均值; S 为地级单元森林乡村密度值的标准差; $n=311$; 高值热点和低值冷点的空间集聚特征, 可以通过 Z 值来进行判断^[19]。

4) 核密度估计。它是估计未知密度函数的非参数方法之一, 用于计算森林乡村周围领域中的密度, 识别森林乡村的核心区分布特征。计算式如下:

$$F(x) = \frac{1}{Nd} \sum_{i=1}^n K \left(\frac{x - x_i}{d} \right) \quad (5)$$

式中 $F(x)$ 为核密度估计值, K 为 Gaussian 核函数, x 为估计点, x_i 为第 i 个森林乡村点, $d=150$ km, N 为带宽范围内的森林乡村点数。借助 ArcGIS 软件中核密度估计工具进行测算。

3 结果与分析

3.1 森林乡村空间分异

3.1.1 森林乡村数量空间分布不均衡, 分布方向呈“东北—西南”走向

运用式 (1) 测算地级单元森林乡村数量非均衡度指数, 结果为 0.429, 大于警戒值 0.4, 表明地级单元森林乡村数量具有空间不均衡性。绘制其数量空间分布图, 采用自然间断点分级法, 将森林乡村数量划分为高值区 (89~197)、较高值区 (45~88)、中值区 (28~44)、较低值区 (13~27) 和低值区 (1~12), 结果显示 (图 1a), 北京和重庆是高值区, 占森林乡村总数的 4.65%; 赣州、海南、上饶等 41 个较高值区数量占比 29.78%; 宜春、台州、宁波等 70 个中值区数量占比 32.56%; 吉林、眉山和乌鲁木齐等 98 个较低值区数量占比 25.96%; 上海、甘孜、阿坝等 88 个低值区数量占比 7.05%; 阿拉善、白城、果

洛等 12 个地级单元为 0 值区。究其原因, 一是自然环境差异对森林乡村空间分布的基础约束作用; 二是人文环境因素的驱动效应, 使其空间分异更加明显。标准差椭圆分析结果发现 (图 1a), 森林乡村重心位于河南省南阳市东部, 短轴为 789.87 km, 长轴为 1 191.21 km, 旋转角为 33.56°, 在“西北—东南”方向空间收缩, 在“东北—西南”方向扩展, 空间分布呈现与“胡焕庸线”一致的分割特征, 东南侧 42.9% 的国土面积分布 96.1% 的森林乡村, 西北侧 57.1% 的国土面积仅分布 3.9% 的森林乡村, 并表现出明显的气温和地形地带性分异特征。

3.1.2 森林乡村密度由东至西逐渐降低, 区域分化特征显著

测算地级单元森林乡村密度非均衡度指数, 结果为 0.442, 表明森林乡村密度比数量空间不均衡性更显著。测算东部 (北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、福建、山东、辽宁、广东和海南)、中部 (山西、安徽、江西、吉林、黑龙江、河南、湖北和湖南) 和西部 (内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆) 三大经济区森林乡村密度, 结果显示 (图 1b), 东部地区森林乡村分布密集, 平均密度值为 0.25 个/100 km², 其中, 高密度区 (≥ 0.378 个/100 km²) 占比 52.5%, 主要分布在经济发达且植被覆盖率较高的浙江、福建和广东的沿海地级单元, 低密度区 (≤ 0.237 个/100 km²) 占比 23.56%, 主要分布在环渤海西北部的工业城市; 中部相对分散, 平均密度值为 0.16 个/100 km², 其中, 高密度区占比 35%, 分散分布在江西、安徽、河南、湖南和山西局部地级单元, 低密度区占比 33.17%, 主要在安徽、湖北等地地级单元形成连片分布; 西部较为稀疏, 平均密度值仅为 0.037 个/100 km², 其中, 高密度区占比 12.5%, 主要分布在北海、广元、渭南、铜川和西宁, 低密度区占比 43.27%, 广泛分布在新疆、西藏、内蒙古等区域。其标准差椭圆重心分别位于滁州市西南部、徐州市西北部和绵阳市东南部, 三大经济区森林乡村重心经度最大距离为 11°, 纬度最大距离为 3°, 旋转角分别为 19.19°、25.65°和 41.66°, 长轴分别为 1 002、1 186 和 947 km, 短轴分别为 357、411 和 740 km, 森林乡村密度在南北方向空间扩展, 在东西方向收缩, 密度值自西向东递增, 呈现出“东部密中部散西部疏”的空间分异特征。

3.2 森林乡村空间集聚

3.2.1 森林乡村的空间溢出效应显著, 东部区是主要聚集高地

地级单元森林乡村密度 Moran's I 为 0.13, Z 得分为 23.54, P 值 < 0.001 , 说明森林乡村呈集聚分布模式, 密度值相近的地级单元显著关联, 高密度值地级单元相邻, 低密度值相连, 空间溢出效应显著。运用热点分析工具识别森林乡村热点地区, 结果发现 (图 1c), 森林乡村热点区、不显著区和冷点区总体上呈现连片分布。热点区域范围北至沧州, 南抵中山, 西至商洛, 东抵舟山 (118°~126°E, 24°~38°N)。该区域地势平坦, 降水丰富, 人口密度大, 经济水平高, 乡村振兴推进速度较快,

在乡村自然生态风貌保护、山水林田湖草治理、森林绿地建设、森林质量效益提升、乡村绿化管护和乡村文化建设方面均走在全国前列，从而形成以东部为主涵盖部分中部地区的森林乡村聚集高地。

3.2.2 森林乡村极化现象突出，呈现多核式“核心—边缘”结构

采用核密度分析工具识别森林乡村集聚的核心区，并按照核密度值将其核心区划分为 2 个等级，结果如图 1d 所示。在全国范围内，存在 6 个一级核心区和 10 个二级核心区。一级核心区主要位于华北平原和长江中下游平原，区内森林乡村核密度值大于 0.869 个/100 km²。该区分别以北京、邯郸、平顶山、渭南、黄山和长沙

为核心，并与周边地级单元存在显著的空间自相关，区域内地势低平，河网密集，人口集中，生态环境良好，是森林乡村高度密集区。二级核心区核密度值为 0.608~0.869 个/100 km²，主要位于东部沿海经济发达地区和中西部旅游业较发达地区，该区分别以通化、泉州、赣州、茂名、桂林、贵阳、成都、重庆、广元和海东为核心，与相邻地级单元共同组成二级核心区。二级核心区相对于一级核心区地貌类型更加多样，局部地形复杂，经济发展相对滞后，但生态文化环境优势明显，是森林乡村分布密集区。森林乡村高度聚集区由内向外核密度值逐渐降低，形成多核式“核心—边缘”结构。

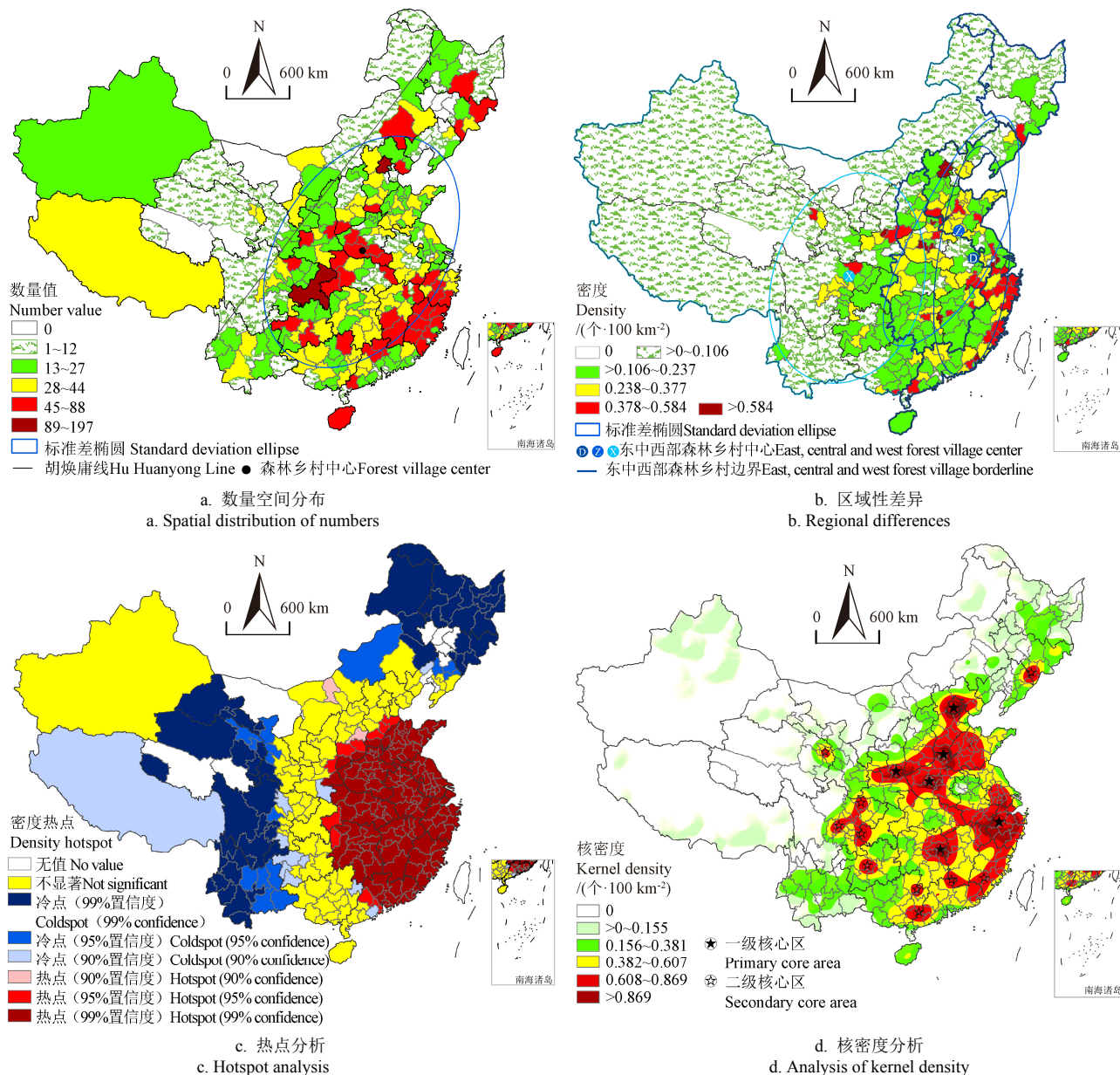


图 1 森林乡村空间分异和集聚

Fig.1 Spatial differentiation and agglomeration of forest villages

3.3 影响机制分析

3.3.1 主要影响因素分析

森林乡村空间格局是自然与人文环境因子长期交互作用的结果。借鉴已有研究成果^[19-20,24-25]，结合《国家森

林乡村评价指标》，并考虑到影响因子的系统性和数据可获得性，选取森林乡村平均海拔、地形起伏度、年均气温、年均降水量、与水系距离、森林覆盖率、林业产值密度、人均国内生产总值、乡村文化密度、常住人口

密度、城镇化率、与公路距离和公路密度 13 个变量作为影响因子。使用 SPSS 软件中因子分析工具,提取特征值大于 0.5, 累计贡献率达到 88.7%的影响因子,共获取平均海拔 (X_{11})、地形起伏度 (X_{12})、年均气温 (X_{13})、林业产值密度 (X_{14})、乡村文化密度 (X_{15})、城镇化率 (X_{16})和公路密度 (X_{17}) 7 个相互独立且有代表性的因子,代替原来 13 个变量进行影响因子的系统分析。

以地级单元森林乡村密度为因变量,以 7 个主要影响因子为自变量,采用自然间断点分级法分 9 级对自变量进行离散化处理,然后利用地理探测器测算自变量对森林乡村空间分异的解释力,结果发现(表 1),自变量全部通过显著性检验 ($P<0.05$),它们对森林乡村空间分异具有显著影响,但解释力存在明显差异, q 值降序排列为: $q(X_{17})>q(X_{14})>q(X_{15})>q(X_{13})>q(X_{16})>q(X_{11})>q(X_{12})$,其中 $q(X_{17})=0.377$ 、 $q(X_{14})=0.314$ 、 $q(X_{15})=0.289$ 、 $q(X_{13})=0.285$,其解释力显著强于其他因子。可见,公路密度、林业产值密度、乡村文化密度和年均气温是森林乡村空间分异的控制性影响因子。交互探测结果显示(表 1),双因子交互解释力明显强于单因子作用,表现出非线性和双因子增强。 $q(X_{17}\cap X_{11})$ 、 $q(X_{17}\cap X_{12})$ 、 $q(X_{17}\cap X_{13})$ 、 $q(X_{17}\cap X_{14})$ 、 $q(X_{17}\cap X_{15})$ 、 $q(X_{17}\cap X_{16})$ 、 $q(X_{15}\cap X_{11})$ 、 $q(X_{15}\cap X_{12})$ 、 $q(X_{15}\cap X_{13})$ 、 $q(X_{15}\cap X_{14})$ 、 $q(X_{14}\cap X_{12})$ 、 $q(X_{14}\cap X_{13})$ 和 $q(X_{16}\cap X_{15})$ 的交互解释力均超过 0.5,其中,公路密度 (X_{17})对因子交互作用的影响最强,其次是乡村文化密度 (X_{15}),再次是林业产值密度,这 3 个自变量是森林乡村空间分异交互解释力增强的关联主导因子,而其他因子交互解释力也明显增强,说明森林乡村空间分异是多因子长期综合作用的结果。

表 1 森林乡村密度空间异质性的因子解释力

Table 1 Factorial explanatory power of spatial heterogeneity of forest villages density

因子 Factor	q 值 q value							P 值 P value
	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	
平均海拔 Average altitude X_{11}	0.147							0.041
地形起伏度 Topographic relief X_{12}	0.273	0.102						0.045
年均气温 Average annual temperature X_{13}	0.472	0.483	0.285					0.017
林业产值密度 Forestry output density X_{14}	0.440	0.533	0.549	0.314				0.000
乡村文化密度 Rural cultural density X_{15}	0.547	0.563	0.513	0.550	0.289			0.013
城镇化率 Urbanization rate X_{16}	0.399	0.353	0.489	0.499	0.551	0.186		0.032
公路密度 Road density X_{17}	0.507	0.518	0.517	0.574	0.648	0.519	0.377	0.000

3.3.2 影响因子的分异机理

1) 自然环境是影响森林乡村空间格局的基础性因素,并呈现显著的气温和地形指向特征。参考中国气候区划和研究文献^[26],将气候区分为热带 ($>21\text{ }^{\circ}\text{C}$)、暖温带 ($10.1\sim 21\text{ }^{\circ}\text{C}$)、冷温带 ($2.1\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)和极地气

候带 ($-3\sim 2\text{ }^{\circ}\text{C}$),统计结果显示,暖温带森林乡村占 75.68%;冷温带占比 14.92%,极地气候带仅占 0.38%,暖温带分布密集,极地气候带分布稀少。究其原因,温度既是影响植被生产效率的关键因子,也是影响人类生活舒适度的主要因素,在气温适宜的东南区域,森林乡村分布密集,而在西北区域,分布稀疏。根据地貌类型等级划分标准^[27-28],将森林乡村地分别划分为低海拔、中海拔、亚高海拔、高海拔和极高海拔以及平原丘陵、小起伏山地、中起伏山地、大起伏山地和极大起伏山地 5 个等级,统计结果发现,森林乡村空间分布在平坦的低海拔区分布密集,崎岖的高海拔区分布稀疏。分析其原因,一是地势平缓的低海拔中东部地区,更适宜传统农业耕种,森林乡村分布相对密集;二是地形起伏大的中高海拔地区,地形破碎,生态环境质量指数较低^[29],植被生产能力和农业生产效率相对低下,不适宜大量人口聚集。

2) 人文环境是影响森林乡村空间格局演化的决定性因素。采用自然间断点分级法将地级单元公路密度、林业产值密度、乡村文化密度和城镇化率分成 16 级,然后绘制它们与森林乡村数量占比(某地级单元数量/总数量)和密度(某地级单元数量/总面积)关系表。表 2 显示,随着公路密度的增加森林乡村数量占比和密度呈现先增后减的变化规律,说明公路密度低值和高值范围均不利于森林乡村的保护与发展,从西至东随着公路密度增加森林乡村数量和密度整体上呈现递增趋势,同时,在中东部局部地级单元出现森林乡村“洼地”现象。随着林业产值密度增加森林乡村数量占比和密度整体呈现波浪式递增,达到峰值后逐步下降,林业产值密度峰值区森林覆盖率和单位面积的林业产值显著高于其他地级单元,而乡村人口分布相对较少,从而在低值和高值区表现为森林乡村数量低值分布。随着乡村文化密度增加森林乡村数量占比和密度呈波浪式演进,而乡村文化密度与森林乡村密度呈正相关关系,两者呈现空间重叠现象,说明乡村文化沿袭具有延续和聚集乡村聚落的功能^[25]。随着城镇化率增加森林乡村数量占比和密度整体上呈现先增后减的变化趋势,说明城镇化中低水平更有利于森林乡村保护与发展,由于经济发展水平与城镇化率呈正相关,高城镇化率对区域乡村具有较强的同化作用,而低城镇化率区域会出现大量乡村人口外流,从而导致区域性乡村同化和自然衰败现象发生。

3.4 森林乡村类型分析

自然环境对森林乡村整体空间分异格局体现为长期控制作用,人文环境对森林乡村局部空间格局演化表现为短期驱动效应,在不同区域形成不同类型的森林乡村。本文以人文环境主要影响因子为分类指标,借鉴既有文献^[30]提出的乡村类型划分方法对森林乡村进行类型划分,当某一地级单元公路密度值超过全国 311 个地级单元公路密度值的均值与标准差之和时,则可将该地级单元森林乡村类型定义为交通型森林乡村,以此类推,可定义产业型、文化型和都市型森林乡村,不满足上述条件者,则定义为综合型森林乡村(表 3)。

表 2 不同人文环境因子作用下森林乡村分布

Table 2 Distribution of forest villages under the influence of different human environment factors

公路密度 Road density /(km·km ⁻²)	数量占比 Quantity ratio	密度 Density /(个·km ⁻²)	林业产值密度 Forest output density/(10 ⁴ 元·km ⁻²)	数量占比 Quantity ratio	密度 Density /(个·km ⁻²)	乡村文化密度 Rural cultural density/(个·100 km ⁻²)	数量占比 Quantity ratio	密度 Density /(个·km ⁻²)	城镇化率 Urbanization rate/%	数量占比 Quantity ratio	密度 Density /(个·km ⁻²)
0.01~0.22	0.01	0.00	0.01~0.67	0.04	0.01	0.000~0.006	0.04	0.01	25.00~32.70	0.00	0.01
0.23~0.41	0.05	0.04	0.68~1.55	0.02	0.02	0.007~0.016	0.04	0.03	32.71~39.10	0.05	0.02
0.42~0.56	0.08	0.10	1.56~2.31	0.04	0.09	0.017~0.028	0.09	0.15	39.11~43.40	0.04	0.08
0.57~0.69	0.05	0.09	2.32~3.36	0.03	0.07	0.029~0.042	0.07	0.13	43.41~46.85	0.07	0.15
0.70~0.81	0.07	0.13	3.37~4.45	0.06	0.12	0.043~0.063	0.08	0.09	46.86~49.44	0.08	0.16
0.82~0.93	0.06	0.16	4.46~5.87	0.07	0.11	0.064~0.083	0.09	0.18	49.45~51.49	0.11	0.04
0.94~1.03	0.10	0.19	5.88~7.62	0.06	0.16	0.084~0.109	0.04	0.10	51.50~53.03	0.09	0.15
1.04~1.12	0.04	0.19	7.63~9.50	0.08	0.17	0.110~0.139	0.07	0.24	53.04~55.58	0.08	0.22
1.13~1.23	0.07	0.23	9.51~12.04	0.12	0.17	0.140~0.176	0.09	0.19	55.59~58.58	0.08	0.16
1.24~1.33	0.05	0.23	12.05~14.20	0.10	0.23	0.177~0.234	0.08	0.23	58.59~61.31	0.07	0.19
1.34~1.47	0.12	0.28	14.21~16.93	0.07	0.22	0.235~0.308	0.05	0.21	61.32~64.07	0.06	0.14
1.48~1.65	0.11	0.30	16.94~20.33	0.07	0.17	0.309~0.418	0.11	0.30	64.08~67.40	0.07	0.11
1.66~1.85	0.05	0.30	20.34~25.18	0.08	0.23	0.419~0.565	0.07	0.24	67.41~71.21	0.07	0.28
1.86~2.12	0.07	0.21	25.19~34.21	0.09	0.29	0.566~0.815	0.03	0.21	71.22~77.10	0.06	0.06
2.13~2.77	0.05	0.27	34.22~47.67	0.05	0.27	0.816~1.486	0.03	0.26	77.11~86.60	0.05	0.09
2.78~4.51	0.01	0.13	47.68~76.23	0.02	0.22	1.487~2.791	0.01	0.38	86.61~99.52	0.00	0.04

表 3 森林乡村类型划分

Table 3 Type division of forest villages

森林乡村类型 Forest village type	分类指标及取值 Classification indicator and value	数量占比 Number share/%	地级单元数 Number of prefectural units	空间分布范围 Spatial distribution range
交通型 Transportation type	公路密度≥1.862	11.90	37	四大集中分布区：河南山东接壤连片分布区、湖北东部区、江苏南部区、川渝接壤区
产业型 Industrial type	林业产值密度≥24.549	10.93	34	四大集中分布区：福建中西部区、浙江中东部区、广东与广西毗邻区、湖南与江西中部南北向相连带
文化型 Cultural type	乡村文化密度≥0.460	7.72	24	三大集中分布区：湘黔桂接壤区、皖浙赣接壤区、山西东部区
都市型 Urban type	城镇化率≥72.160	12.54	39	主要分布在省会城市，少数分布在副省级城市，呈分散分布状态
综合型 Comprehensive type	不属于上述 4 种类型的地级单元	56.91	177	数量最多，占比最大，在西部及中西部接壤处形成连片分布，在东部局部区域形成集中分布

1) 交通型森林乡村。采用 ArcGIS 软件中邻近分析工具分析发现，有 32.9%的森林乡村分布在距离公路 0.21~0.45 km 区间范围，而后随着距离增加其分布数量逐渐减少，森林乡村具有沿公路分布的特征。如表 2 所示，当公路密度为 1.66~1.85 km/km²时，森林乡村密度达最大值，而公路密度大于 1.862 km/km²的地级单元被定义为交通型森林乡村，并随着公路密度增大森林乡村密度降低，在河南与山东接壤处连片区、湖北东部、江苏南部和川渝接壤区形成集聚分布。这些区域交通网络发达，农林资源禀赋优势明显，生态环境质量较高，是农业、林业和旅游业融合发展的重要区域。

2) 产业型森林乡村。当林业产值密度为 25.19~34.21 万元/km²时，森林乡村密度达最大值，而森林乡村密度大于 24.549 万元/km²的地级单元被定义为产业型森林乡村，并随着林业产值密度增加森林乡村密度降低。它们在福建中西部、浙江中东部、广东与广西毗邻区、湖南与江西中部南北向相连带形成集聚分布。这些区域基础设施完善，气候条件适合植被生长，森林资源丰富，林业生产能力强，村庄与森林融为一体，是中国林业生

产和加工的主要基地。

3) 文化型森林乡村。当乡村文化密度为 1.487~2.791 个/100 km²时，森林乡村密度为最大值，而乡村文化密度大于 0.46 个/100 km²的地级单元被定义为文化型森林乡村，并随着乡村文化密度增加森林乡村密度随之增加，主要在湘黔桂接壤区、皖浙赣接壤区和山西东部区形成集聚分布。这些区域区位优势明显，交通建设滞后，但农林资源丰富，原生态农耕文化存留较完好，立足民俗文化和生态优势，已经初步形成地域特色鲜明的文化型生态旅游区。

4) 都市型森林乡村。当城镇化率为 67.41~71.21%时，森林乡村密度达最大值，而城镇化率大于 72.16%的地级单元被定义为都市型森林乡村，并随着城镇化率增加森林乡村数量减少，在省会城市和副省级城市边缘形成分散分布。这些区域区位优势显著，交通发达，人口密度大，经济繁荣，城市与乡村之间生产要素流动频繁，山水林田湖草治理、森林绿地建设、乡村绿化管护得到优先发展。森林乡村既是都市的生态屏障，也是都市的生态游憩空间。

5) 综合型森林乡村。综合型森林乡村地级单元数量占比 56.91%, 广泛分布在中西部地区和东部局部区域, 这其中部分地区是因为森林乡村数量较少, 人文环境因素影响不显著, 而另一种情况是, 森林乡村数量虽然相对较多, 但是公路密度、林业产值、乡村文化密度和城镇化率对其空间分布的影响相对均衡, 表现为多因子交互解释力显著增强, 是有利于森林乡村健康发展的情形, 是产业融合发展较好的区域。

4 讨论与结论

4.1 讨论

1) 不同学者从不同尺度, 采用不同数据和方法^[19-20], 对森林乡村空间分布展开研究, 其结果稍有差异。究其原因, 一是森林乡村空间分异存在尺度效应, 由于同级行政区国土面积差异明显, 从而表现出森林乡村密度比数量空间分异更显著; 二是影响因子选择依据和主要影响因子提取方法不同, 必然出现主要影响因子的解释力和交互影响机制存在差异, 但其研究结果均在合理范围内。本文 7 586 个研究样本来源于国家林业和草原局公布的名录, 国家和地方政策对样本数据的形成产生了重要影响, 本研究未能涵盖名录之外的森林乡村地, 是一个需要弥补的缺陷。但是, 应该指出, 样本数据是当前森林乡村的典型代表, 其研究结论可以反映森林乡村空间分布的整体特征。

2) 森林乡村空间格局是自然与人文环境因素长期交互作用的结果。自然环境是森林乡村空间分布规律形成的基础性约束因素。自然环境空间差异的客观存在, 乡村聚落营建“择优”选址成为必然, 在气候适宜的暖温带, 地形平坦的低海拔地区, 不仅有利于森林生产, 也适宜人类开展生产活动, 是森林乡村的主要聚集区, 这既是人类生存智慧的体现, 也是人类对环境适应的结果。人文环境因素是森林乡村中微观分布格局演变的主要驱动力, 随着区域人文环境因素的不断变化, 森林乡村数量和密度也随之发生改变, 在不同区域形成疏密有致的空间格局。森林乡村本身是一种地理事实, 其空间格局是人地关系的空间映射, 其演变过程显示出人类对地理环境选择趋向于从“次优”向“最优”的转变。研究森林乡村空间分布特征及其影响因素, 对深化森林乡村的理论认知、推进森林乡村生态文明建设和高质量发展具有重要的现实意义。

4.2 结论

1) 森林乡村空间分异特征显著。总体而言, 以“胡焕庸线”为界, 森林乡村空间分布东南密集, 42.9%的国土面积分布 96.1%的森林乡村, 西北稀疏, 57.1%的国土面积仅分布 3.9%的森林乡村; 从中国三大经济区看, 东部地区森林乡村分布密集, 平均密度值为 0.25 个/100 km², 中部相对分散, 平均密度值为 0.16 个/100 km², 西部较为稀疏, 平均密度值仅为 0.037 个/100 km², 呈现“东密中散西疏”的空间分异特征; 从地级单元来看, 高密度地级单元东部地区占 52.5%, 中部占 35%, 西部占 12.5%, 自西向东森林乡村密度逐级增加。

2) 森林乡村空间集聚特征显著。森林乡村密度具有显著的空间自相关性, 空间溢出效应显著, 热点区域范围北至沧州, 南抵中山, 西至商洛, 东抵舟山 (118°~126°E, 24°~38°N)。极化现象突出, 在空间上形成 6 个一级核心区和 10 个二级核心区, 一级核心区主要位于华北平原和长江中下游平原, 二级核心区主要位于东部沿海经济发达地区和中西部旅游业较为发达区域, 高聚集区由内向外核密度值逐渐降低, 形成“核心—边缘”结构。

3) 地理探测结果表明, 公路密度、林业产值密度、乡村文化密度、年均气温、城镇化率、平均海拔和地形起伏度是森林乡村空间分异的主要影响因子, 其中公路密度、林业产值密度、乡村文化密度和年均气温是其空间异质性的控制性影响因子。双因子交互解释力显著增强, 公路密度、乡村文化密度和林业产值密度是交互解释力增强的关联主导因子。森林乡村空间分布具有气温和地形指向性, 森林乡村在暖温带、地形平坦的低海拔区分布密集, 在极地气候带、地形崎岖的高海拔区分布稀疏。林业产值密度和城镇化率是森林乡村空间格局动态演变的主要驱动力, 公路密度是塑造森林乡村空间形态的导向性因素, 乡村文化密度是森林乡村区域性集聚的引导因子。

4) 森林乡村可划分为都市型、交通型、产业型、文化型和综合型 5 大类, 其中, 都市型森林乡村主要分布在省会城市, 区位和市场优势显著, 交通型、产业型和文化型森林乡村在不同区域形成集聚分布, 单要素优势特征明显, 地方特色突出, 而综合型森林乡村多要素作用相对均衡, 产业融合较好, 这为森林乡村发展分类施策提供了决策依据。

基于以上结论, 提出如下建议: 1) 未来需要从多视角、多尺度对全国森林乡村空间结构、演化机制、衰败成因和分类施策展开深入研究, 不断优化森林乡村空间格局, 提升主导因子的驱动能力, 推动森林乡村可持续发展。2) 按照因地制宜、分类推进和差异化发展原则, 制定森林乡村保护与发展规划, 把文化森林资源转换成发展资源, 加大中西部森林乡村建设力度, 加快核心区美丽乡村和生态文明乡村示范区建设步伐, 构建东中西部差异化协调发展新格局。3) 不同类型森林乡村, 匹配差异化战略, 对于都市型森林乡村, 应彰显区位和市场优势, 推进城乡深度融合发展; 交通型森林乡村, 结合区域林业资源和交通优势, 着力培育果蔬种植、农林产品深加工和休闲业; 产业型森林乡村, 强化林业经济和生态功能, 大力发展特色经济林、林下经济、森林旅游、森林康养等产业; 文化型森林乡村, 在生态保育的基础上发挥民族文化特色优势, 发展“旅游+”农业、林业、手工业、教育、体育等产业项目; 综合型森林乡村, 应进一步发挥多因子协同影响优势, 发掘培育区域比较优势产业, 促进区域协同和产业融合发展。

[参 考 文 献]

- [1] 国家林业和草原局. 国家森林乡村评定办法(试行)[EB/OL]. (2019-09-09) [2022-03-30]http://lyj. zj. gov.

- cn/art/2019/9/9/art_1277892_38144181.html.
- [2] Guo Z F, Sun L. The planning, development and management of tourism: The case of Dangjia, an ancient village in China[J]. *Tourism Management*, 2016, 56: 52-62.
- [3] 李裕瑞, 曹丽哲, 王鹏艳, 等. 论农村人居环境整治与乡村振兴[J]. *自然资源学报*, 2022, 37(1): 96-109.
Li Yurui, Cao Lizhe, Wang Pengyan, et al. Rural living environment improvement and rural revitalization[J]. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(1): 96-109. (in Chinese with English abstract)
- [4] 叶兴庆. 迈向 2035 年的中国乡村: 愿景、挑战与策略[J]. *管理世界*, 2021, 37(4): 98-110.
Ye Xingqing. China's rural areas toward 2035: vision, challenges and strategies[J]. *Management World*, 2021, 37(4): 98-110. (in Chinese with English abstract)
- [5] Guan D S, Chen Y J. Status of urban vegetation in Guangzhou City[J]. *Journal of Forestry Research*, 2003, 14(3): 249-252.
- [6] 乔鑫, 李京生. 近现代乡村规划理论的源与流[J]. *城市规划*, 2020, 44(8): 77-89.
Qiao Xin, Li Jingsheng. Evolution of rural planning theory in modern times[J]. *Rural Planning Studies*, 2020, 44(8): 77-89. (in Chinese with English abstract)
- [7] Yue D P, Sun B P. Landscape pattern change and its impact on land desertification in Daxing Country, Beijing[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, 7(1): 93-100.
- [8] 王永生, 文琦, 刘彦随. 贫困地区乡村振兴与精准扶贫有效衔接研究[J]. *地理科学*, 2020, 40(11): 1840-1847.
Wang Yongsheng, Wen Qi, Liu Yansui. Achieving effective connection between rural revitalization and targeted poverty alleviation in poverty-stricken regions[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(11): 1840-1847. (in Chinese with English abstract)
- [9] 杨忍, 陈燕纯, 张菁, 等. 20 世纪 90 年代以来西方乡村地理研究的主要理论演变与启示[J]. *地理科学*, 2020, 40(4): 544-555.
Yang Ren, Chen Yanchun, Zhang Jing, et al. The main theoretical evolution and enlightenment of western rural geography since 1990s[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4): 544-555. (in Chinese with English abstract)
- [10] 屠爽爽, 龙花楼. 乡村聚落空间重构的理论解析[J]. *地理科学*, 2020, 40(4): 509-517.
Tu Shuangshuang, Long Hualou. The theoretical cognition of rural settlements spatial restructuring[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2020, 40(4): 509-517. (in Chinese with English abstract)
- [11] 周锦, 赵正玉. 乡村振兴战略背景下的文化建设路径研究[J]. *农村经济*, 2018(9): 9-15.
Zhou Jin, Zhao Zhengyu. Research on the path of cultural construction under the background of rural revitalization strategy[J]. *Rural Economy*, 2018(9): 9-15. (in Chinese with English abstract)
- [12] 杨兴柱, 王群. 皖南旅游区乡村人居环境质量评价及影响分析[J]. *地理学报*, 2013, 68(6): 851-867.
Yang Xingzhu, Wang Qun. Evaluation of rural human settlement quality difference and its driving factors in tourism area of southern Anhui Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(6): 851-867. (in Chinese with English abstract)
- [13] 杨斌, 王占岐, 张红伟, 等. 高山贫困地区农村居民点空间格局演变特征及驱动机制[J]. *农业工程学报*, 2021, 37(4): 285-293.
Yang Bin, Wang Zhanqi, Zhang Hongwei, et al. Spatial pattern evolution characteristics and driving mechanism of rural settlements in high mountain areas with poverty[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2021, 37(4): 285-293. (in Chinese with English abstract)
- [14] 王健, 王健, 吴文良, 等. 重大线性工程建设下山区乡村聚落空间演变[J]. *农业工程学报*, 2020, 36(24): 236-246.
Wang Jian, Wang Jian, Wu Wenliang, et al. Spatial evolution of rural settlement in mountainous areas under the major linear projects[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2020, 36(24): 236-246. (in Chinese with English abstract)
- [15] Kim Y J, Kim S H, Seo J W. An analysis on the preferred behavior of mountain village tourism for users in forest welfare facilities[J]. *Journal of the Korean Institute of Forest Recreation*, 2018, 22(1): 35-47.
- [16] 李彤, 贾宝全, 王成, 等. 北京市域乡村人居林树冠覆盖及其区域差异分析[J]. *生态学报*, 2021, 41(14): 5598-5610.
Li Tong, Jia Baoquan, Wang Cheng, et al. Village human habitat forest canopy coverage and regional difference analysis in Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(14): 5598-5610. (in Chinese with English abstract)
- [17] Sharma C K, Sarma I. Issues of conservation and livelihood in a forest village of assam[J]. *International Journal of Rural Management*, 2014, 10(1): 47-68.
- [18] Banerjee S. A village in the midst of a forest ecosystem[J]. *Economic and Political Weekly*, 2018, 53(18): 38-42.
- [19] 杨燕, 胡静, 李亚娟, 等. 基于 GIS 的中国森林乡村空间结构及影响因素研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2021, 35(6): 182-191.
Yang Yan, Hu Jing, Li Yajuan, et al. Spatial structure of forest villages in China and the influencing factors[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(6): 182-191. (in Chinese with English abstract)
- [20] 陈刚, 吴清, 杨俭波, 等. 中国国家森林乡村的空间分布特征与影响因素[J]. *经济地理*, 2021, 41(6): 196-204.
Chen Gang, Wu Qing, Yang Jianbo, et al. Spatial distribution characteristics and influencing factors of China national forest villages[J]. *Economic Geography*, 2021, 41(6): 196-204. (in Chinese with English abstract)
- [21] 王耕, 李素娟, 马奇飞. 中国生态文明建设效率空间均衡性及格局演变特征[J]. *地理学报*, 2018, 73(11): 2198-2209.
Wang Geng, Li Sujuan, Ma Qifei. Spatial equilibrium and pattern evolution of ecological civilization construction efficiency in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(11): 2198-2209. (in Chinese with English abstract)
- [22] 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.
Wang Jinfeng, Xu Chengdong. Geodetector: Principle and prospective[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2017, 72(1): 116-134. (in Chinese with English abstract)
- [23] Lefever D W. Measuring geographic concentration by means of the standard deviational ellipse[J]. *The American Journal of Sociology*, 1926, 32(1): 88-94.
- [24] 周扬, 黄晗, 刘彦随. 中国村庄空间分布规律及其影响因素[J]. *地理学报*, 2020, 75(10): 2206-2223.
Zhou Yang, Huang Han, Liu Yansui. The spatial distribution characteristics and influencing factors of Chinese villages[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(10): 2206-2223. (in Chinese with English abstract)
- [25] 唐明贵, 胡静, 肖璐, 等. 贵州少数民族特色村寨时空演化及影响因素[J]. *干旱区资源与环境*, 2022, 36(4): 177-183.
Tang Minggui, Hu Jing, Xiao Lu, et al. Spatiotemporal evolution of ethnic villages in Guizhou and the influencing factors[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2022, 36(4): 177-183. (in Chinese with English abstract)

- [26] 王婷, 周道玮, 神祥金, 等. 中国柯本气候分类[J]. 气象科学, 2020, 40(6): 752-760.
Wang Ting, Zhou Daowei, Shen Xiangjin, et al. Koppen's climate classification map for China[J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2020, 40(6): 752-760. (in Chinese with English abstract)
- [27] 李炳元, 潘保田, 韩嘉福. 中国陆地基本地貌类型及其划分指标探讨[J]. 第四纪研究, 2008, 28(4): 536-542.
Li Bingyuan, Pan Baotian, Han Jiafu. Basic terrestrial geomorphological types in China and their circumscriptions[J]. Quaternary Science, 2008, 28(4): 536-542. (in Chinese with English abstract)
- [28] 高玄戩. 地貌基本形态的主客分类法[J]. 山地学报, 2004(3): 261-266.
Gao Xuanyu. The subjective and objective classification of geomorphologic forms[J]. Mountain Research, 2004(3): 261-266. (in Chinese with English abstract)
- [29] 孔冬艳, 陈会广, 吴孔森. 中国“三生空间”演变特征、生态环境效应及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1116-1135.
Kong Dongyan, Chen Huiguang, Wu Kongsen. The evolution of “production-living-ecological” space, eco-environmental effects and its influencing factors in China[J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(5): 1116-1135. (in Chinese with English abstract)
- [30] 张正峰, 张阿曼. 中国县域乡村发展类型及时空变化[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 207-216.
Zhang Zhengfeng, Zhang Aman. Rural development types of counties in China and historical change[J]. Resources Science, 2020, 42(2): 207-216. (in Chinese with English abstract)

Spatial distribution and influencing factors of forest villages in China

Tang Minggui^{1,2}, Hu Jing^{1*}, Tang Hui¹, Shen Xiaoxia², Chen Xian²

(1. School of Urban and Environmental Science, Central China Normal University/Wuhan Branch of China Tourism Academy, Wuhan 430079, China; 2. School of Tourism Management, Guizhou University of Commerce, Guiyang 550014, China)

Abstract: A forest village has been the basic unit of ecological civilization construction, further serving as an important carrier for beautiful China and ecologically livable villages. It has the important practical significance to promote the comprehensive revitalization and high-quality development of villages. Taking the 7 586 forest villages of China as the research objects, this study aims to identify the spatial structural characteristics of forest villages by Non-Equilibrium Index, Moran's I, Getis-Ord Gi*, and kernel Density Estimation tool. The geographical coordinates of forest villages were also obtained by the Google Earth and digital processing with ArcGIS10.2. All the data was used to determine the explanatory power of the main influencing factors for the spatial distribution of forest villages by a Geodetector. The results were as followed: 1) The forest village showed a spatial differentiation characteristic of “dense in the east, scattered in the middle, and sparse in the west”, with a “northeast-southwest” distribution direction, which was spatially consistent with the geographical pattern formed by Hu Huangyong line, temperature, altitude, and topography. Furthermore, the eastern, central, and western regions of high-density prefecture-level units accounted for 52.5%, 35%, and 12.5%, respectively, where the density of forest villages gradually increased from west to east. 2) There was a clustered distribution pattern in the forest village with the significantly spatial spillover effects, where the hotspots were located in the spatial range of 118°-126°E and 24°-38°N. There was a prominent polarization of the forest village, leading to 6 primary core areas and 10 secondary core areas in space. 3) The main influencing factors on the spatial differentiation were the road density, forestry output density, rural cultural density, average annual temperature, urbanization rate, average elevation, and topographic relief in forest villages. The interaction detection showed that the two-factor interaction presented a stronger explanatory power than the single-factor effect, where the road density, rural cultural density, and forestry output density were the leading factors associated with the increased interaction explanatory power. 4) There was a strong correlation between the spatial distribution of forest villages and the natural environmental elements. Temperature, altitude, and topographic relief were the binding factors for the formation of the basic spatial pattern of forest villages, whereas, the urbanization rate and forestry output density were the main driving forces for the spatial pattern of forest villages, while the road density and rural cultural density were the guiding forces for the change of the spatial distribution pattern of forest villages. It infers that the spatial pattern of forest villages was attributed to the long-term interaction of multiple factors. Correspondingly, the density and quantity of forest villages generally showed a “first increase and then decrease” phase change, with the increase of road density, forestry output density, and urbanization rate. 5) Forest villages have been classified 5 types of urban, communication, industry, culture, and comprehensive. Thereinto, the urban type of forest village which has remarkable location advantages was spread around the provincial capital, other types were aggregated distribution at different area in according with the remarkable advantage of single factor. However, the comprehensive type of forest village has been affected symmetrically by varied factors. Therefore, in the future, the development of forest village should be scientific planning, rational layout, and urban-rural integration on the basis of the features of spatial distribution and the effective mechanism, and following the principle of suitable to local condition, classified promotion, and differentiated development, to push orderly the incremental expansion and stock renewal of forest villages. So that the deterioration of eco-environment of village and the decay of traditional culture can be prevented effectively. Meanwhile, to advance the driving-power of dominant factor, and promote the development of integrated urban and rural by exertion of comparative advantage of different types of forest village, then to revitalize overall the forest villages.

Keywords: rural areas; GIS; forest village; spatial distribution; influencing factors; Geodetector; type division; rural revitalization