

DOI: 10.5846/stxb201912042629

陈志杰, 白永平, 周亮. 高寒山地生态脆弱区聚落空间格局特征及成因识别——以天祝藏族自治县为例. 生态学报, 2020, 40(24): 9059-9069.

Chen Z J, Bai Y P, Zhou L. Spatial pattern characteristics and genetic identification of settlements in ecologically fragile areas of alpine mountains: a case study on the Tianzhu Tibetan Autonomous County. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(24): 9059-9069.

高寒山地生态脆弱区聚落空间格局特征及成因识别 ——以天祝藏族自治县为例

陈志杰¹, 白永平^{1,*}, 周 亮^{2,3}

1 西北师范大学地理与环境科学学院, 兰州 730070

2 兰州交通大学测绘与地理信息学院, 兰州 730070

3 中国科学院地理科学与资源研究所/资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101

摘要: 自然环境复杂多样是山区聚落空间差异性和异质性的主要原因, 对聚落空间治理及可持续发展具有深刻影响。采用天祝县 2018 年土地变更调查数据, 利用空间“热点”探测、最小累积阻力值模型(MCR)和二元 Logistic 回归等方法, 对聚落空间分布格局及其形成因素进行分析。结果表明: (1) 聚落分布整体表现为集聚型, 空间上呈现出“东南高、西北低”的格局。(2) 核密度估计值东南高、西北低, 形成“东南密集型”和“西北稀疏型”2 个典型分布区, 呈现出“核心-边缘”结构; 同时, 聚落规模空间“热点”探测显示, 聚落形态具有显著的空间差异性, 华藏寺镇表现为高密度大斑块, 其他乡镇表现为中低密度小斑块。(3) 聚落斑块平均密度对分组分析结果作用显著, 聚落类型由中低密度斑块主导, 受高寒气候区分布范围较广的影响, 高寒区稀疏型聚落覆盖范围较大。(4) 通过聚落空间格局影响因素统计分析和 Logistic 回归分析, 定量识别出: 地形条件、土地资源配置和降水条件对聚落分布疏密程度作用最显著, 交通禀赋和交通可达性对县域聚落格局优化具有重要作用。

关键词: 聚落; 生态格局; 异质性; 土地利用; 天祝县

Spatial pattern characteristics and genetic identification of settlements in ecologically fragile areas of alpine mountains: a case study on the Tianzhu Tibetan Autonomous County

CHEN Zhijie¹, BAI Yongping^{1,*}, ZHOU Liang^{2,3}

1 College of Geographic and Environmental Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China

2 Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China

3 State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographical Science and Natural Resource Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

Abstract: The complex and diverse natural environment is the main reason for the spatial difference and heterogeneity of settlements in mountainous areas, which has a profound impact on the spatial governance and sustainable development of settlements. According to the land change survey data of Tianzhu county in 2018, the spatial distribution pattern and its forming factors of settlements were analyzed by the spatial “hot spot” detection, the minimum cumulative resistance value model (MCR) and binary logistic regression. The results show that: (1) the overall distribution of settlements is agglomeration. And it is high in the southeast and low in the northwest in the spatial pattern. (2) The kernel density estimate of settlement patches is high in the southeast and low in the northwest, which causes the formation of two typical

基金项目: 国家自然科学基金项目(41701173, 41961027); 甘肃省重点研发计划项目(18YF1FA052); 甘肃如何融入“一带一路”研究一般项目(LDBR2018-017)

收稿日期: 2019-12-04; 网络出版日期: 2020-11-05

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: baiyp@nwnu.edu.cn

distribution areas: “southeast intensive” and “northwest sparse”. This phenomenon presents a “core-edge” structure. Meanwhile, settlement “hot spot” detection shows that there is a significant spatial difference in settlement patterns. Huazangsi town showed large patches of high density, while other towns showed small patches of medium and low density. (3) The average density of settlement patches has a significant effect on the results of grouping analysis. The settlement type is dominated by medium and low density patches. And it is affected by the wide distribution range of the alpine climate zone and the sparse settlement in the alpine region covers a large area. (4) The influencing factors of settlement spatial pattern were analyzed by statistical analysis and logistic regression analysis. We identified quantitatively that topographic conditions, land resource allocation and precipitation conditions had the most significant effect on the density of settlement distribution. Transportation endowment and accessibility play a crucial role in the optimization of settlement pattern in county areas.

Key Words: settlements; spatial pattern; heterogeneity; land-use; Tianzhu County

乡村振兴和城乡融合发展,最根本的目标是实现区域协调可持续发展^[1],聚落空间高度分散,是乡村振兴实现的制约因素之一^[2]。高寒山地生态脆弱区聚落格局对区域空间所产生的作用和影响更加敏感和深远,研究青藏高原高寒山区聚落分布特征及成因,在优化城乡聚落格局和生态经济协调可持续发展中具有重要意义。

地貌类型差异性使聚落分布格局特征各不相同,国外结合城市规划学、景观生态学和产业经济学等对山地聚落展开研究,涉及东欧^[3]及中东^[4]、南亚^[5]等山地国家,重点关注城乡治理与乡村可持续发展。国内相关研究主要集中在黄土高原^[6]、豫西山区^[7]、江南丘陵山地^[8]以及横断山区(岩溶地貌^[9]和青藏高原边缘^[10-12])等。不同研究区聚落空间格局特征差异明显:其中黄土高原聚落呈现出强烈的地形、交通线和河流指向,并且受耕作半径和中心城市影响较大;豫西山区聚落分散和零碎分布的现象突出^[13-14];江南丘陵山地聚落集中分布在低山盆地与河谷阶地^[15],岩溶区聚落沿交通线集聚^[9],而青藏高原边缘区聚落分布垂直地带性特征明显^[12]。研究视角从比较研究^[7]、生态位^[10]、分形理论^[16]、地理格网分析^[17-18]到高分影像^[19],呈现出多学科交叉、技术方法不断更新的趋势。在此背景下,技术方法以定性定量相结合为主,包括利用平均最近邻指数(Average Nearest Neighbor, ANN)^[20]、核密度估计(Kernel Density Estimate, KDE)、景观指数^[21]、探索性空间数据分析(Exploratory Spatial Data Analysis, ESDA)和最小累积阻力值(Minimal Cumulative Resistance, MCR)模型^[22-24]等分析聚落空间格局,也包括利用 Logistic 回归^[24]、最小二乘回归(Ordinary Least Square, OLS)、地理加权回归(Geographically Weighted Regression, GWR)和地理探测器方法(GeoDetector)^[17,25]等定量模型识别影响聚落空间格局的因素。通过 ANN、KDE、ESDA 以及 Logistic 回归等技术方法,分析聚落空间格局与识别驱动因素的研究范式,在能客观和准确分析聚落空间分布特征的同时,也能有效识别约束聚落空间布局的因子^[26],结论受主观判断的影响较小,可信度较高。尽管如此,现有成果分析交通条件对聚落空间分布影响较少^[24],聚落空间区位主要采用欧氏距离和缓冲区分析进行识别,不同层次的道路具有不同的结构和属性。交通可达性是衡量区域交通网络结构的重要指标,反映了实际的交通区位条件,在地形复杂的山区,欧式距离分析方法难以准确表达聚落空间分布特征^[27-28],进一步研究基于自然和交通因素的聚落空间分布特征具有重要意义。

天祝县地处青藏高原区、西北干旱区和东部季风区交汇的区域,祁连山和乌鞘岭等高大山系深刻影响自然环境和人类活动的空间分布格局,县域乡村聚落比重高,城镇发展规模较小^[27],约有 80%的国土属于禁止开发区和限制开发区,生态安全重要,自然环境脆弱,人地关系地域系统敏感性高^[29]。其聚落空间分布具有以下特征:一是聚落密集分布在地势相对平坦开阔的金强河谷地区;二是在特定的地形地貌基底条件下,县城对县域聚落分布产生的辐射作用较小^[15],开展该类地区人类居住生活空间研究,对于其生态环境保护具有重要的实践参考价值。因此,本研究通过 ANN、“热点”探测、KDE、MCR 和 Logistic 回归分析,围绕聚落的分布、规模和类型 3 个特征分析县域聚落空间格局特征,并从地形条件、农业条件、地表坡向和交通可达性 4 个方面

研究聚落分布的区位特征,定量识别基于自然和交通因素的聚落分布疏密影响因子,旨在为青藏高原高寒山区城乡聚落格局优化管理提供依据。

1 研究区与数据来源

1.1 研究区

天祝藏族自治县地处河西走廊东端,是青藏高原、黄土高原和内蒙古高原的交汇处,也是中国三大自然区重要的交汇地带。自然环境方面,平均海拔为 3075.86 m,祁连山及乌鞘岭贯穿全境,是重要的分水岭,对地形地貌和气候水文影响明显,境内河流分为石羊河(内流河)和黄河(外流河)两大流域。交通设施方面,兰新铁路、连霍高速公路和 312 国道等交通线,由东南向西北方向,经乌鞘岭山脉进入河西走廊,并在华藏寺镇和打柴沟镇分别布局客货铁路站点,是我国东中部地区联系西北地区的重要通道。在地形地貌、水系分布和交通线布局等自然和社会因素共同影响下,各乡镇聚落分布的空间差异性显著,祁连山镇、哈溪镇和黄花滩镇等 9 个乡镇位于石羊河流域,华藏寺镇、天堂镇和松山镇等 8 个乡镇位于黄河流域。人口及产业方面,农业人口比重为 80.34%,第一产业以农牧业混合为主,耕作农业和畜牧业比重各乡镇间的差异大。全县共有乡镇 17 个,行政村 167 个,县级政府驻地在华藏寺镇,便于表述,以乡镇为基本研究单元(图 1)。

1.2 数据来源

研究数据主要来源于(1)2018 年土地利用变更调查数据来源于天祝县自然资源局;(2)研究区 DEM(30 m)来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>);(3)天祝县行政界线地图来源于甘肃省自然资源厅的标准地图服务网站提供的标准画法示意图 1:450 万基础要素版(审图号:甘 S(2017)54 号),利用 ArcGis10.4 软件进行配准后矢量化所得(<http://zrzy.gansu.gov.cn/index.htm>);(4)气温降水数据由中国科学院资源环境科学数据中心提供的中国气象背景数据集(<http://www.resdc.cn/>)提取和重采样得出;(5)基础道路数据来源于全国地理信息资源目录服务系统(<http://www.webmap.cn/>)发布的 1:25 万全国基础地理数据库和 Open Street Map(OSM)平台提供的 2018 年路网数据,结合两个数据库提供的原始数据,提取出研究区内的高速公路、国道、省道、县道和乡道矢量数据。(6)《天祝县县域经济发展规划(2018—2035)》和《天祝县城乡统筹总体规划(2018—2035)》来源于政府网站(<http://www.gstianzhu.gov.cn/>)。

2 研究方法

2.1 平均最邻近指数(ANN)

最邻近指数指城乡聚落斑块中心与其最近邻聚落之间的平均距离,与假设随机分布期望平均距离进行比较,分析聚落是随机还是集聚的分布状态,通过 ArcGIS 10.4 对城乡聚落空间化数据处理分析得出^[30]。

2.2 空间“热点”探测

空间“热点”探测是用 ArcGIS 平台中的热点分析模块来检验局部地区是否存在统计显著的高值和低值^[29],用地区可视化的方法揭示热点区和冷点区,聚落规模分析中 $Z(G_i^*)$ 分为高、次高、次低和低四个区间,其表达式为:

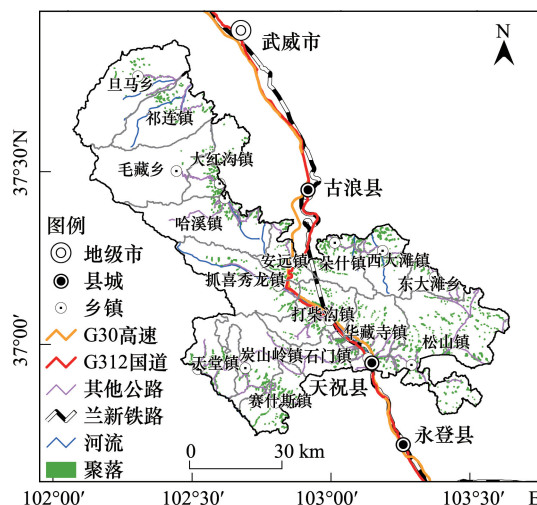


图 1 研究区域

Fig.1 Study area of Tianzhu County

$$G_i^* = \sum_{j=1}^n W_{ij}(d_i) X_j / \sum_j X_j \quad (1)$$

式中, $W_{ij}(d)$ 为以距离规则定义的空间权重, X_j 是 j 区域的观测值。

2.3 核密度估计(KDE)

核密度估计通过对区域中每个要素点建立一个平滑的圆形表面, 计算点之间的距离, 将聚落斑块抽象为点要素数据集, 建立表示聚落空间分布疏密程度的连续表面, 依据核密度值划分聚落疏密等级, 表达式见参考文献^[13]。

2.4 最小累积阻力(MCR)模型

MCR 模型是指从源到目的地的过程中模型的成本^[23], 根据表面阻力系数的不同, 模型选择具有 MCR 值的路径。MCR 值反映了县城和乡镇在现状道路下可达潜力与趋势, 可以反映聚落空间位置与 MCR 值之间的关系, 公式为:

$$M_{ij} = f_{\min} \sum (D_{ij} \times R_j) \quad (2)$$

式中, M_{ij} 为源点 j 到 i 地的最小阻力值, D_{ij} 为源点 j 到 i 地的空间距离, R_j 为摩擦系数。

2.5 二元 Logistic 回归分析

基于二元 Logistic 回归定量分析聚落时空格局形成的影响因素, 取 1 或 0 表示有无聚落分布, 将聚落转换为 30 m×30 m 分辨率的 0—1 栅格数据, 设置自变量可以解释因变量与自变量之间的关系, 回归模型为:

$$\log(p/(1-p)) = \sum_{j=1}^m \alpha_j x_j + \beta \quad (3)$$

式中, p 表示事件发生的概率, i 与 j 表示随机采样点数量, α 为回归系数, β 为常数项, m 为影响因子数, x_i 表示自变量, 选取乡镇尺度 MCR 值(x_1)、县域尺度 MCR 值(x_2)、到国道、省道和县道的距离(x_3 、 x_4 和 x_5)、高程(x_6)、坡度(x_7)、坡向(x_8)、到河流的距离(x_9)、耕地半径(x_{10})、年均气温(x_{11}) 和年均降水(x_{12}) 等 12 个因子为自变量, 进行无量纲处理, 通过 ArcGIS 10.4 平台随机抽样模块生成 200000 个随机抽样点, 建立聚落空间分布与影响因子之间的 Logistic 模型, 得出模型如下:

$$\log(p/(1-p)) = -1.55x_1 + 0.79x_3 - 1.49x_4 - 1.69x_5 - 5.23x_6 - 9.73x_7 - 0.22x_8 - 34.69x_{10} + 2.07x_{12} - 1.73 \quad (4)$$

3 结果分析

3.1 天祝县聚落空间格局分析

3.1.1 天祝县聚落空间特征

平均最邻近指数可以揭示聚落空间分布的集中性特征, 由表 1 可知, 县域尺度 ANN 值 < 1 且通过 1% 检验, 聚落空间分布整体上表现为集聚型; 乡镇尺度 ANN 值均高于县域总体水平, 各乡镇聚落集聚分布程度低于县域平均水平, 且地域差异性显著。其中, 炭山岭镇等 14 个乡镇 ANN 值介于 0.35—0.55 间, 聚落分布集聚程度差异较小, 东南部乡镇聚落分布集聚特性比西北部乡镇明显。计算村域尺度的 ANN 值, ANN 通过 < 1% 检验的村域有 89 个, 比重为 53.6%, 空间分布较为均匀(图 2)。通过显著性检验的聚落分布类型为集聚型和分散型 2 种, 聚落为集聚型的村域有 54 个, 比重为 60.7%, 松山镇、华藏寺镇和打柴沟镇等 5 个乡镇在村域尺度下的聚落类型以集聚型为主, 毛藏乡和哈溪镇在村域尺度下聚落以分散型为主。利用“热点”分析识别村域尺度 ANN 的空间聚类特征, “热点区”在县域西北部的毛藏乡和大红沟镇等乡镇明显, “冷点区”在县域东南部的松山镇、华藏寺镇和打柴沟镇等 4 个乡镇明显, 空间上“热点区”到“冷点区”表现出自西北向东南逐渐过渡的圈层特征, 聚落分布集中程度呈现出“东南高、西北低”的空间特征。

通过核密度估计进一步分析聚落空间分布格局, 图 2 所示核密度值在空间上呈现出“核心-边缘”结构, 形成“东南密集型”和“西北稀疏型”2 个典型的聚落分布区。高密度值范围是 2.47—5.5 个/km², 形成 2 个中心, 主中心位于华藏寺镇南部, 副中心位于朵什镇北部; 中密度值范围为 1.15—2.46 个/km², 主要围绕主中心

和副中心呈带状分布;低密度值分布区范围较广,一是在乌鞘岭周边地区形成规模较大的低密度值环形地带,二是在西南和西部地区形成条块型低密度值分布带。分析各乡镇聚落规模分布特征,创建覆盖县域的 2.5 km × 2.5 km 格网,以聚落面积为变量进行“热点”分析(图 2),“热点区”在华藏寺镇南部,形成聚落团状聚集区;“冷点区”一部分位于打柴沟镇、石门镇和赛什斯镇等 4 个乡镇境内的祁连山区,另一部分位于朵什镇、松山镇和华藏寺镇等 6 个乡镇境内的乌鞘岭山区;“次热点区”和“次冷点区”分布状态与核密度中值和低值分布格局基本一致,天祝县聚落规模特征在华藏寺镇表现为高密度大斑块,而在其余乡镇表现为中低密度小斑块。

表 1 天祝县聚落最邻近指数

Table 1 The ANN of settlements in Tianzhu County

位序 Rank	地区 Region	ANN	Z	P	位序 Rank	地区 Region	ANN	Z	P	位序 Rank	地区 Region	ANN	Z	P
-	县域	0.29	-85.31	0.00	6	抓喜秀龙镇	0.44	-15.89	0.00	12	天堂镇	0.50	-12.34	0.00
1	炭山岭镇	0.35	-14.66	0.00	7	安远镇	0.44	-16.33	0.00	13	西大滩镇	0.51	-15.18	0.00
2	石门镇	0.35	-17.11	0.00	8	东大滩乡	0.45	-8.96	0.00	14	打柴沟镇	0.52	-16.99	0.00
3	大红沟镇	0.42	-14.89	0.00	9	旦马乡	0.45	-9.77	0.00	15	祁连镇	0.73	-5.46	0.00
4	松山镇	0.43	-26.55	0.00	10	华藏寺镇	0.47	-23.30	0.00	16	哈溪镇	0.75	-6.24	0.00
5	赛什斯镇	0.43	-19.28	0.00	11	朵什镇	0.48	-17.64	0.00	17	毛藏乡	0.98	-0.20	0.00

ANN: 平均最邻近指数 Average nearest neighbor

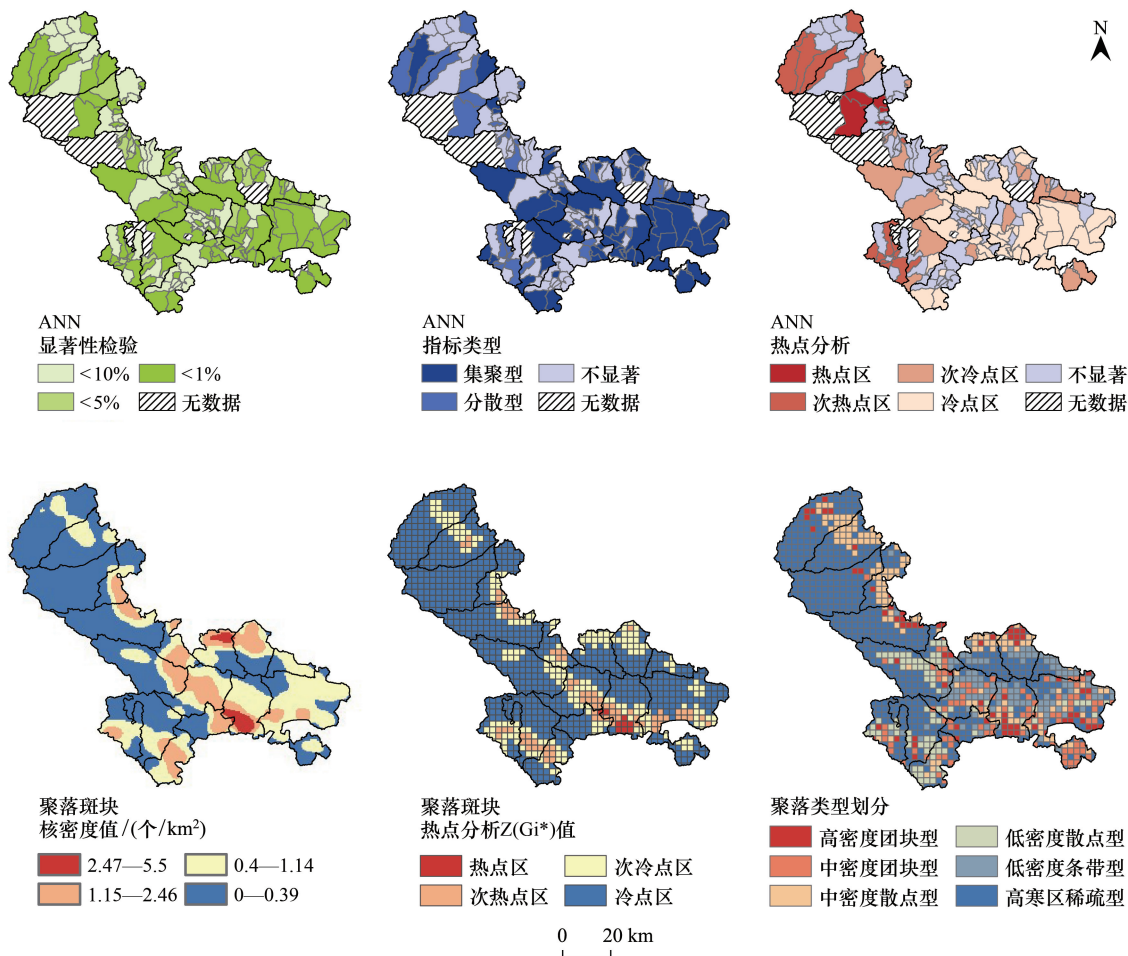


图 2 天祝县聚落空间分布格局

Fig.2 Spatial distribution pattern of settlements in Tianzhu County

ANN: 平均最邻近指数 Average nearest neighbor

3.1.2 天祝县聚落类型特征

将景观指数作为进行聚落形态分类变量,以 2.5 km×2.5 km 格网为研究尺度提取聚落属性数据(平均斑块面积、平均斑块密度和平均斑块形状指数)并进行分组分析,聚落类型可划分为 6 类,平均斑块密度对聚落类型识别中的相关性较强($R^2=0.88$),平均斑块面积相关性次之($R^2=0.48$),而平均斑块形状指数对聚落类型分组性能最弱。天祝县聚落主要在河谷地区分布,类型组合方式也因河流流域内的地形地貌差异呈现出不同特征(图 3 和表 2),金强河谷地区 6 种聚落类型构成完整圈层结构,而古浪河、黄羊河、金塔河以及大通河地区分布的聚落类型相对单一。各乡镇聚落类型差异明显(图 3),I 型和 II 型聚落整体在各乡镇的比重偏低,I 型在华藏寺镇(18%)和西大滩镇(6%)比较典型,II 型聚落在松山镇比重最高(26%);III 型聚落比重较高的是大红沟镇(45%)和祁连镇(33%);IV 型聚落在赛什斯镇最典型,比重为 36%,8 个乡镇的 IV 型聚落分布比重为 0,是分布乡镇数量最少的类型,地域性特征显著;V 型聚落是东大滩乡聚落的主导类型,比重值为 53%;VI 型聚落在各乡镇的比重平均值为 50%,毛藏乡比重最大(93%),毛藏乡距离县城华藏寺镇的距离 155 km,人口总数为 0.14 万人,少数民族人口比重为 90%,是天祝县人口数量最少、少数民族人口最多的乡镇。由此可知,华藏寺镇和西大滩镇为代表的重点城镇聚落类型特征以高密度和大斑块为主,普通镇聚落类型特征以中低密度和中等规模为主,而普通乡聚落类型以低密度和小规模为主。

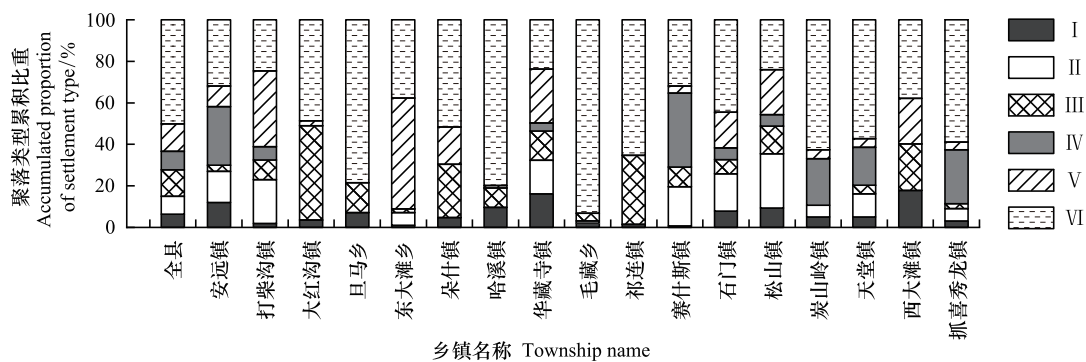


图 3 天祝县聚落类型空间分布统计

Fig.3 Settlement type spatial distribution statistics in Tianzhu County

I : 高密度团块型 High-density and clusters type; II : 中密度团块型 Medium-density and clusters type; III : 中密度散点型 Medium-density and scatter type; IV : 低密度散点型 Low-density and scatter type; V : 低密度条带型 Low-density and bands type; VI : 高寒区稀疏型 Alpine and sparse type

表 2 天祝县聚落分布类型及特征

Table 2 Types and characteristics of settlements in Tianzhu County

类型 Type	I 高密度团块型 High-density and clusters type	II 中密度团块型 Medium-density and clusters type	III 中密度散点型 Medium-density and scatter type
分布范围 Distribution range	集中于华藏寺镇南部和西大滩镇北部的宽阔谷地。平均海拔 2500 m	集中在国道 312 沿线的松山镇、打柴沟镇和安远镇等。平均海拔 2700 m	位于石羊河流域上游河谷边缘区,在祁连镇和大红沟镇等分布较多。平均海拔 2500 m
形态特征 Morphological character	华藏寺镇和西大滩镇是重点镇,城镇用地规模较大,常住人口较多	地形破碎,聚落多呈不规则团块状,规模中等,典型的耕作农业区	河谷规模较小,聚落在河谷地势平坦地区,与耕地紧密相连,聚落之间距离相隔较远
类型 Type	IV 低密度散点型 Low-density and scatter type	V 低密度条带型 Low-density and bands type	VI 高寒区稀疏型 Alpine and sparse type
分布范围 Distribution range	位于祁连山北坡地区,在抓喜秀龙镇较密集。平均海拔 2800 m	位于乌鞘岭狭长沟谷地区,在松山镇和打柴沟镇较典型。平均海拔 2900 m	位于祁连山与乌鞘岭海拔 3000 m 以上高寒山区,在毛藏乡较典型
形态特征 Morphological character	聚落与农牧业用地紧邻分布,耕地与牧草地分布零散,规模小	聚落沿着狭长谷地呈带状分布,密度较低,分布稀疏,以畜牧业为主	聚落零星分布,以牧民夏季放牧活动逐渐形成的“夏季牧场”为主

3.2 天祝县聚落空间格局影响因素

天祝县平均海拔在 2000 m 以上,属典型高海拔地区,其中海拔在 2600 m 以下面积仅占 10.86%,而海拔在 3000 m 以上的地区占 47.72%,年均气温在 $-8\sim-4^{\circ}\text{C}$,高寒气候是区域最为显著的自然环境特征,也是影响县域聚落分布格局的自然基底^[31]。同时,天祝县处于中国三大自然区交汇地带,具有复杂的地貌类型和自然环境条件,多年平均降水量和蒸发量时空差异明显,但狭长河谷地形居多,不宜进行农业生产和人口居住,水资源和耕作半径作为农业条件的两大要素,也影响着乡村聚落的空间格局^[24]。此外,由于日照时数和太阳辐射强度的差异,山区阳坡温暖干燥,阴坡寒冷潮湿,聚落空间分布与坡向也具有显著的相关性。交通和区位对聚落分布也起着重要的作用^[6],城镇是公共服务供给的中心场所,对经济社会发展具有重要影响,交通网络连接城乡,促进城乡要素流通,山区聚落受地形条件的限制,集中在分布在不同等级道路沿线,具有显著指向性和依赖性。不同自然本底条件与人文社会发展因素的非均衡性相互交织、相互影响^[32],由于数据可获得性限制,将高程、坡度、与主干河流距离^[33]、耕地半径^[34-35]、坡向、气温、降水^[36]和交通可达性^[24]等 8 类要素作为评价聚落分布疏密程度的影响因子。其中,基于 MCR 模型的交通可达性是指源点在区域中通行的时间成本,通过 ArcGIS 10.4 平台构建成本栅格阻力面,栅格时间成本值选定为出行 10 km 所需要的平均时间,行车速度根据《公路工程技术标准》(JTG B01—2014),其中高速公路时速 120 km/h、国道时速 80 km/h、省道时速 60 km/h、县道时速 30 km/h 和乡道时速 20 km/h,据此得出阻力值为 5、8、10、20 和 30。将源点分别设置为县城和乡镇,通过 Cost-Distance(成本距离)模块计算至县城和至乡镇的最小累积可达性阻力值(图 4)。

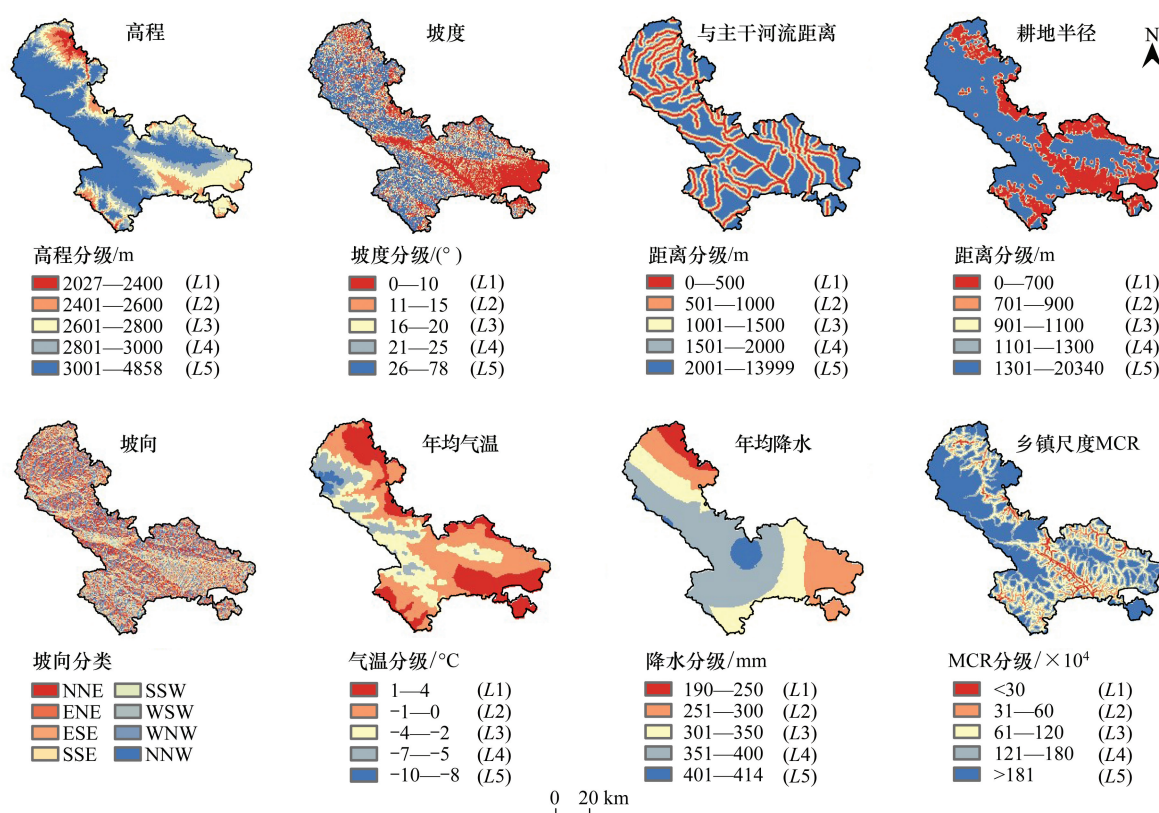


图4 天祝县聚落空间格局影响因素

Fig.4 Factors affecting settlement spatial pattern in Tianzhu County

MCR; 最小累积阻力值 Minimal cumulative resistance; 影响因素高程、坡度、距离、气温、降水和 MCR 划分的等级代号 L1、L2、L3、L4、L5 依次是: 等级 1、等级 2、等级 3、等级 4、等级 5 (Level 1、Level 2、Level 3、Level 4、Level 5, L1、L2、L3、L4、L5); 坡向代码依次位于不同的方向区间, NNE: 北东北方向 (north—northeast, NNE, $0\sim45^{\circ}$); ENE: 北东北方向 North-northeast, ENE, $0\sim45^{\circ}$; ESE: 东东南方向 East-southeast, ESE, $90\sim135^{\circ}$; SSE: 南东南方向 South-southeast, SSE, $135\sim180^{\circ}$; SSW: 南西南方向 South-southwest, SSW, $180\sim225^{\circ}$; WSW: 西西南方向 West-southwest, WSW, $225\sim270^{\circ}$; WNW: 西西北方向 West-northwest, WNW, $270\sim315^{\circ}$; NNW: 北西北方向 North-northwest, NNW, $315\sim360^{\circ}$

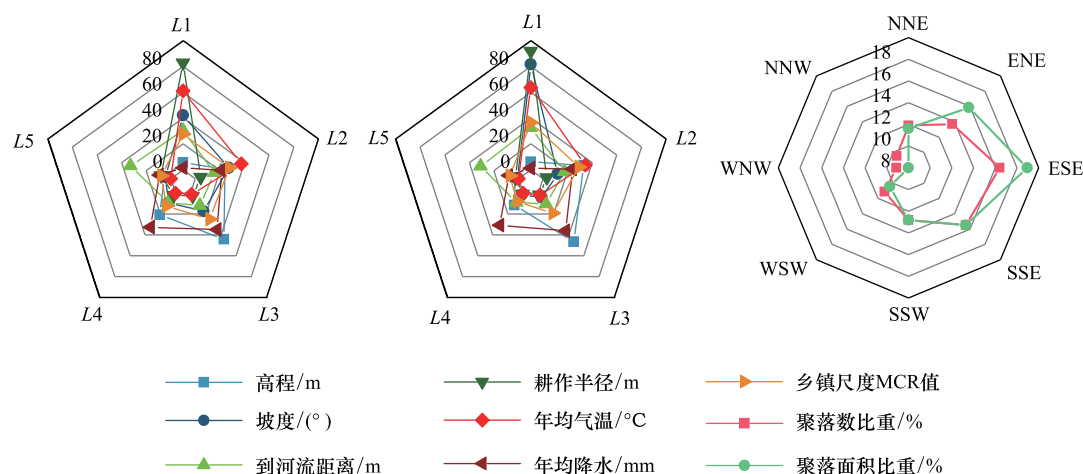


图5 天祝县聚落空间格局影响因素分区统计

Fig.5 Regional statistics of influencing factors of settlement spatial pattern in Tianzhu County

3.2.1 影响因素统计分析

从地形条件、水土配置、地表坡向、气候条件和交通可达性 5 个方面展开研究,除坡向分为 8 个方位外,其余要素根据研究区实际,采用等间距法将要素分为 5 级(图 4),利用 ArcGIS 10.4 交集制表模块,对各要素不同等级内的聚落数量和面积进行统计,为表述方便,将 5 个等级依据各要素数值范围由高到低的顺序用 L1—L5 表示。首先,高程等级 L3 内聚落数量(44.05%)和面积(46.57%)比重最高,随着高程等级由 L3 分别向 L1 和 L5 变化,聚落数量和面积比重值对称下降现象明显(图 4 与图 5);坡度等级 L1 内聚落数量(42.17%)和面积(81.59%)比重最高,其次在 L2 内比重也较高,聚落主要分布在坡度 $<15^{\circ}$ 的地区,坡度增大时,适宜耕作的土地数量减少,聚落在海拔较高的整体环境下主要集中在地势平坦的河谷地区。第二,耕作半径等级 L1 内的聚落数量和面积比重最大,聚落数量及面积之和的比重分别为 82.85%和 92.05%,聚落分布格局的耕作半径集中在 900—1300 m。与河流距离等级 L1 和 L5 内聚落数量和面积比重最大,L1 内聚落数比重为 32.29%,L5 内聚落比重为 35.79%,聚落密集度呈“两端高,中间低”趋势,其中,距河流较近地区以耕作农业和设施农业为主,距河流较远地区以畜牧业为主。同时,日照时数和太阳辐射强度在不同的方向具有差异性,在 ESE (16.39%)、SSE (15.46%)、SSW (12.82%) 和 ENE (13.70%) 4 个坡向聚落比重较大,以偏东和偏南方向为主(图 5),属于阳坡或半阳坡,日照时数较长,适合农作物生长和农业生产。第三,年均气温等级 L1 内聚落数量和面积比重均在 60%以上;年均降水等级 L3 内聚落数量和面积比重均最大,L1 地处河西走廊边缘,降水较少、蒸发量较大,L5 降水较多,但是海拔较高,年均气温 0°C 以下。气温降水空间格局表现出显著的山地垂直地带性特征,受气候条件影响,聚落分布密集区属于典型的高寒气候区。最后,计算交通可达性可以准确反映区位条件对聚落分布的影响,天祝县乡镇零散分布于不同的小流域,受此影响,华藏寺镇(县城)的区位辐射能力对分布在金强河流域的乡镇较为显著,难以覆盖所有乡镇。因此,县域尺度交通可达性格局对县域聚落分布疏密程度的影响能力有限,需要从更加精细的乡镇尺度分析,乡镇尺度 MCR 等级 L1 内聚落数量(27.52%)和面积(36.67%)比重最大,在 L2 次之,L1 和 L2 内聚落数量和面积比重为 54.94%和 65.78%(图 4),聚落密集分布在乡镇中心周围的趋势较为明显。

3.2.2 影响因素 Logistic 回归分析

通过上述根据自然环境条件和交通可达性分析结果,初步得出聚落分布的影响因素,在此基础上,采用二元 Logistic 回归,定量识别影响天祝县聚落布局的影响因素。结合回归模型(4),检验自变量作为解释变量对模型的解释效力具有明显的等级性,Wald 统计量客观反映了自变量对因变量的解释效力(表 3),依据 Wald 统计量 >100 、 >10 和 >15 将显著性 Sig.值 ≤ 0.05 (即 $P\leq 5\%$)的自变量分为 3 类。

表 3 Logistic 回归模型变量参数

Table 3 Coefficients of binary logistic regression model

自变量 Variables	β	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(β)	自变量 Variables	β	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(β)
x_1	-1.55	0.34	21.17	1.00	0.00	0.21	x_7	-9.73	0.37	675.62	1.00	0.00	0.00
x_2	-0.11	0.41	0.07	1.00	0.79	0.90	x_8	-0.22	0.08	6.76	1.00	0.01	0.80
x_3	0.79	0.34	5.33	1.00	0.02	2.19	x_9	-0.16	0.22	0.58	1.00	0.45	0.85
x_4	-1.49	0.21	51.68	1.00	0.00	0.23	x_{10}	-34.69	1.82	362.28	1.00	0.00	0.00
x_5	-1.69	0.30	32.53	1.00	0.00	0.18	x_{11}	0.40	0.28	2.03	1.00	0.15	1.49
x_6	-5.23	0.56	87.44	1.00	0.00	0.01	x_{12}	2.07	0.19	115.24	1.00	0.00	7.96

β : 回归系数; S.E.: 标准误差 (standard error, S.E.); Wald: 卡方检验值; df: 自由度 (degree of freedom, df); Sig.: 显著性 (significance, Sig.); Exp(β): 即 OR 值, 优势比 (odds ratio, OR)

第一, Wald 统计量 ≥ 100 的因变量为 x_7 、 x_{10} 和 x_{12} , x_7 (坡度) 的 Wald 为 675.62, 概率 P 值为 0, 作为解释变量对回归方程解释效力较好, 聚落分布疏密程度受到坡度影响的显著性较强, 且回归系数为 -9.73, 说明坡度值越小, 聚落密集分布的可能性就越大; x_{10} (耕地半径) 对聚落空间分布影响仅次于 x_7 , Wald 为 362.28, 概率 P 值均为 0, 回归系数为 -34.69 即耕地半径与聚落分布疏密程度呈负相关, 聚落紧邻耕地布局的趋势明显, 耕地资源数量与聚落分布疏密程度正相关性显著; x_{12} (年均降水) 的 Wald 为 115.24, 概率 P 值均为 0, 回归系数为 2.07, 说明聚落分布集中的区域降水较多。第二, Wald 统计量 ≥ 10 的因变量为 x_6 、 x_4 、 x_5 和 x_1 , 其中 x_6 (高程) 的 Wald 为 87.44, 概率 P 值均为 0, 回归系数为 -5.23, 聚落分布疏密程度与高程值呈反比; x_4 (到省道距离) 和 x_5 (到县道距离) 对聚落空间分布影响显著, Wald 值分别是 51.68 和 32.53, 概率 P 值均为 0, 且回归系数均 < 0 , 到省道和县道的距离远近与聚落分布疏密程度呈负相关, 距离越远, 聚落密集分布的可能性越小; x_1 (乡镇尺度 MCR 值) 的 Wald 为 21.17, 概率 P 值均为 0, 回归系数为 -1.55, 聚落主要集中在距离乡镇中心较近的区域。第三, Wald 统计量 ≥ 1 的因变量为 x_3 和 x_8 , 就 x_3 (到国道的距离) 而言, 仅有 312 国道在金强河谷布局, 相比较省道和县道, 国道对县域聚落分布影响有限, 在模型中的解释效力也较弱。同样 x_8 (坡向) Wald 值较小, 说明了县域聚落分布影响因素中, 坡向是在优先考虑高程、降水和耕地等 Wald 统计量较大的因子之后, 才被作为补充性或者一般性的因子加以考虑。

综上所述, 天祝县聚落空间格局影响最大的是地形条件 (即 x_7)、土地资源 (即 x_{10}) 和降水条件 (即 x_{12}), 而海拔高度 (即 x_6)、交通禀赋 (即 x_5 和 x_4) 和交通可达性 (即 x_1) 对聚落分布影响程度次之。地形条件、土地资源、降水条件和海拔高度是影响聚落空间分布的自然因素, 交通禀赋和交通可达性作为人类活动影响聚落疏密程度的直接因素, 引导县域城乡空间结构和等级规模结构, 从而使各乡镇人口规模具有地域差异性。由《天祝藏族自治县城乡统筹总体规划 (2018—2035)》可知, 乡镇按照城镇人口规模及区域集聚能力分为中心城区 (华藏寺镇)、重点镇和一般乡镇, 规划人口规模依次是 10 万、1 万和 0.5 万。城乡空间依据“一心两轴三区”的结构发展, 华藏寺镇是县域政治经济文化中心, 城镇发展主轴依托连霍高速公路和 312 国道, 由“华藏寺镇-打柴沟镇-抓喜秀龙镇-安远镇”组成, 是中心城区和重点镇分布区, 常住人口数量多, 聚落分布密集; 城镇发展次轴依托省道和县道, 由“东大滩乡-松山镇-石门镇-赛什斯镇-炭山岭镇-天堂镇”组成, 是一般乡镇分布区, 人口规模较小, 聚落分布密度较低。进一步验证模型预测精度, 对自变量进行共线性检验和 ROC 分析, 共线性诊断的条件指标最大值为 8.425, 变量容忍度均大于 0.1, 方差膨胀因子均小于 10, 自变量在非共线参数值范围内, 变异系数值较低, 各变量之间不存在共线性关系。对预测值与实际值 P 进行 ROC 分析, 得到 AUC 为 0.92, 模型分类效果较好, Logistic 回归模型预测具有较高的准确性。

4 结论与讨论

4.1 结论

通过分析聚落的分布、规模和类型 3 个特征, 基于聚落空间格局影响因素的统计分析结果, 运用 Logistic

回归分析识别聚落空间格局形成因素,得出以下结论:(1)聚落空间格局整体上集聚分布特性和地域差异性显著,空间分布表现出“东南高、西北低”的特征,并形成“东南密集型”和“西北稀疏型”2个典型区域。(2)聚落规模在华藏寺镇表现为高密度大斑块,而在其余乡镇表现为中低密度小斑块。自然环境条件对聚落分布具有基础性作用,垂直带性特征明显,地势相对平坦的河谷盆地是聚落密集分布的主要区域,气候条件和水土资源分布的空间差异影响区域产业发展模式。(3)二元 Logistic 回归分析结果说明,地形条件、土地资源、降水条件和海拔高度是影响聚落空间分布的主要自然因素,交通禀赋和交通可达性作为直接因素,引导县域城镇空间结构和等级规模结构,使各乡镇人口和聚落规模产生地域差异。

4.2 讨论

高寒山区聚落格局极易受到高大山体和重要水系布局的约束,天祝县境内的聚落受祁连山和乌鞘岭布局走向影响,总体趋势表现为分散在地形相对平坦的地区,分布区的空间范围相对较小。县域城镇体系等级性特征不显著,县城华藏寺镇中心性较低,腹地范围局限在金强河谷地区,对县域内西北部以及北部乡镇的辐射带动作用较小,政府行政管理成本较高,而毗邻县区对县域内偏远乡镇的影响则更加明显。

天祝县是国家级重点贫困县和民族自治县,贫困发生率较高和少数民族聚居是最基本的社会经济特征,主导产业是以传统耕作农业和畜牧业为主的混合农业,聚落空间分布与以上特征有密切关系,适宜耕作区位于河谷地区,局地小气候对农作物生长有利,而与主要河流相距较远的地区,成为畜牧业发展的主要区域。农牧混合经营模式是长期以来高寒山区人类活动逐渐形成的聚落分布模式。

生态脆弱区在区域生态安全格局中具有不可或缺的地位和价值,是影响聚落空间格局的自然因素,同时也是维持区域生态平衡、保持生态系统稳定的核心要素。天祝县是河西走廊重要的生态屏障和生态资源密集区域,作为重要水源涵养区和补给区,约有 76%的土地属限制或禁止开发区域,围绕生态、农业、城镇空间划定的生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界,对聚落空间格局具有引导作用,能够在国土空间规划工作中关于城乡聚落格局优化提供政策依据。

参考文献 (References):

- [1] 陆大道. 对我国“十四五”规划若干领域发展的初步认识. 中国科学院院刊, 2019, 34(10): 1143-1146.
- [2] 梁龙武, 王振波, 方创琳, 孙湛. 京津冀城市群城市化与生态环境时空分异及协同发展格局. 生态学报, 2019, 39(4): 1212-1225.
- [3] Ristić D, Vukoičić D, Milinčić M. Tourism and sustainable development of rural settlements in protected areas-example NP Kopaonik (Serbia). Land Use Policy, 2019, 89: 104231.
- [4] Jabareen Y, Eizenberg E, Hirsh H. Urban landscapes of fear and safety: the case of Palestinians and Jews in Jerusalem. Landscape and Urban Planning, 2019, 189: 46-57.
- [5] Dame J, Schmidt S, Müller J, Nüsser M. Urbanisation and socio-ecological challenges in high mountain towns: insights from Leh (Ladakh), India. Landscape and Urban Planning, 2019, 189: 189-199.
- [6] 陈宗峰, 李裕瑞, 刘彦随. 黄土丘陵区乡村聚落分布格局特征与类型. 农业工程学报, 2017, 33(14): 266-274.
- [7] 娄帆, 李小建, 陈晓燕. 平原和山区县域聚落空间演变对比分析——以河南省延津县和宝丰县为例. 经济地理, 2017, 37(4): 158-166.
- [8] 陈永林, 谢炳庚. 江南丘陵区乡村聚落空间演化及重构——以赣南地区为例. 地理研究, 2016, 35(1): 184-194.
- [9] 李阳兵, 李睿康, 罗光杰, 谢静, 徐倩. 贵州典型峰丛洼地区域近 50 年村落演变规律及驱动机制. 生态学报, 2018, 38(7): 2523-2535.
- [10] 王青, 石敏球, 郭亚琳, 张宇. 岷江上游山区聚落生态位垂直分异研究. 地理学报, 2013, 68(11): 1559-1567.
- [11] 樊天相, 杨庆媛, 何建, 潘菲, 邓永旺. 重庆丘陵地区农村居民点空间布局优化——以长寿区海棠镇为例. 地理研究, 2015, 34(5): 883-894.
- [12] 张海朋, 樊杰, 何仁伟, 刘汉初. 青藏高原高寒牧区聚落时空演化及驱动机制——以藏北那曲县为例. 地理科学, 2019, 39(10): 1642-1653.
- [13] 杨慧敏, 娄帆, 李小建, 白燕飞. 豫东平原聚落景观格局变化. 生态学报, 2017, 37(16): 5313-5323.
- [14] 段小微, 李小建. 山区县域聚落演化的空间分异特征及其影响因素——以豫西山地嵩县为例. 地理研究, 2018, 37(12): 2459-2474.
- [15] 吴江国, 张小林, 冀亚哲. 不同尺度乡村聚落景观的空间集聚性分形特征及影响因素分析——以江苏省镇江市为例. 人文地理, 2014, 29(1): 99-107.
- [16] 梁发超, 刘诗苑, 刘黎明. 基于分形理论的乡村聚落景观空间特征及演变——以厦门市为例. 应用生态学报, 2017, 28(8): 2640-2648.

- [17] 杨忍, 刘彦随, 龙花楼, 陈呈奕. 基于格网的农村居民点用地时空特征及空间指向性的地理要素识别——以环渤海地区为例. 地理研究, 2015, 34(6): 1077-1087.
- [18] 马利邦, 田亚亚, 郭晓东, 陈梅梅, 王永丽. 基于格网的河西绿洲乡村聚落时空演变及其与水土资源的空间耦合关系. 自然资源学报, 2018, 33(5): 775-787.
- [19] 马文参, 徐增让. 基于高分影像的牧区聚落演变及其影响因子——以西藏当曲流域为例. 经济地理, 2017, 37(6): 215-223.
- [20] Dudzińska M, Bacior S, Prus B. Considering the level of socio-economic development of rural areas in the context of infrastructural and traditional consolidations in Poland. Land Use Policy, 2018, 79: 759-773.
- [21] Berchoux T, Watmough G R, Hutton C W, Atkinson P M. Agricultural shocks and drivers of livelihood precariousness across Indian rural communities. Landscape and Urban Planning, 2019, 189: 307-319.
- [22] 李青圃, 张正栋, 万露文, 杨传训, 张杰, 叶晨, 陈裕婵. 基于景观生态风险评价的宁江流域景观格局优化. 地理学报, 2019, 74(7): 1420-1437.
- [23] 张继平, 乔青, 刘春兰, 王海华, 裴厦. 基于最小累积阻力模型的北京市生态用地规划研究. 生态学报, 2017, 37(19): 6313-6321.
- [24] 杨忍. 基于自然主控因子和道路可达性的广东省乡村聚落空间分布特征及影响因素. 地理学报, 2017, 72(10): 1859-1871.
- [25] 杨忍, 罗秀丽, 陈燕纯. 中国县域乡村地域多功能格局及影响因素识别. 地理科学进展, 2019, 38(9): 1316-1328.
- [26] 杨希, 魏琪力, 杜春蕾, 王一迪. 近十年我国村落形态驱动因子的共性与分异性研究. 规划师, 2019, 35(18): 19-25.
- [27] 武锋强, 王青, 莫才健, 邹强. 山区聚落与耕地空间耦合关系研究——以北川县为例. 山地学报, 2019, 37(2): 263-270.
- [28] 臧玉珠, 刘彦随, 杨园园. 山区县域土地利用格局变化及其地形梯度效应——以井冈山市为例. 自然资源学报, 2019, 34(7): 1391-1404.
- [29] 孟令冉, 吴军, 董霁红. 山丘生态保护区乡村聚落空间分异及格局优化. 农业工程学报, 2017, 33(10): 278-286.
- [30] 胡美娟, 侯国林, 周年兴, 李在军, 元秀云, 方叶林. 庐山森林景观空间分布格局及多尺度特征. 生态学报, 2015, 35(16): 5294-5305.
- [31] 阎建忠, 喻鸥, 吴莹莹, 张懿锂. 青藏高原东部样带农牧民生计脆弱性评估. 地理科学, 2011, 31(7): 858-867.
- [32] 周亮, 车磊, 周成虎. 中国城市绿色发展效率时空演变特征及影响因素. 地理学报, 2019, 74(10): 2027-2044.
- [33] 余兆武, 肖黎娜, 郭青海, 何志超. 城镇化过程中福建省山区县农村聚落景观格局变化特征. 生态学报, 2016, 36(10): 3021-3031.
- [34] 李阳兵, 罗光杰, 白晓永, 王永艳, 王世杰, 谢静, 杨广斌. 典型峰丛洼地耕地、聚落及其与喀斯特石漠化的相互关系——案例研究. 生态学报, 2014, 34(9): 2195-2207.
- [35] 李学东, 杨玥, 杨波, 赵涛, 宇振荣. 基于耕作半径分析的山区农村居民点布局优化. 农业工程学报, 2018, 34(12): 267-273.
- [36] 罗玲, 王宗明, 毛德华, 娄艳景, 任春颖, 宋开山. 松嫩平原西部草地净初级生产力对气候变化及人类活动的响应. 生态学杂志, 2012, 31(6): 1533-1540.