

樊敏, 郭亚琳, 李富程, 等. 岷江上游山区聚落生态位空间分布特征研究[J]. 地理科学, 2017, 37(3): 464-472. [Fan Min, Guo Yalin, Li Fucheng et al. Spatial Distribution Characteristics of Mountainous Settlement Ecological Niche in the Upper Reaches of the Minjiang River. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(3): 464-472.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2017.03.017

岷江上游山区聚落生态位空间分布特征研究

樊敏, 郭亚琳, 李富程, 王青

(西南科技大学环境与资源学院, 四川 绵阳 621010)

摘要: 基于岷江上游山区藏-羌-回-汉聚落生态位和植被生境适宜性的空间分布, 借助分形和贝叶斯模型, 定量刻画聚落生态位的民族属性对山区聚落生态位空间分布特征的影响。结果表明: ① 岷江上游藏-羌-回-汉聚落生态位间隙度维数分别为0.949、0.942、0.890、0.960, 汉族聚落生态位的高间隙度维数, 揭示了山区汉族聚落封闭性特点。同时, 流域内1 667个聚落生态位间隙度维数(0.946)与藏族(0.949)相似, 表明藏族聚落生态位空间异质性特征能够反映整个流域山区聚落生态位空间分异程度。② 岷江上游藏-羌-回-汉聚落生态位内的植被生境适宜性指数均值分别为: 2.816、2.622、2.529、2.644, 说明山区聚落生态位的空间分布与植被生境相适宜。同时, 流域内1 667个聚落生态位几何特征对植被生境的敏感程度(0.601)与羌族(0.610)相似, 表明羌族聚落生态位的几何特征具有典型性。③ 藏-羌-回-汉聚落生态位的空间聚簇性地域分异明显、地理边界清晰, 说明聚落生态位的民族属性对聚落区位、规模和形态具有显著影响。

关键词: 山区聚落生态位; 民族类型; 植被生境; 适宜性; 岷江上游

中图分类号: K901.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2017)03-0464-09

聚落是人与环境相互作用最密切的时空单元, 山区聚落生态位的概念可引申为: 一定时期内, 人类聚落在山地生态系统中所处的地理位置及其居民生计所能利用的资源空间^[1,2]。岷江上游是川西少数民族聚居区, 拥有不同的聚落类型, 既有藏族聚落, 也有羌族和回族聚落等。在多源性的聚落文化背景下, 人类对山地生态环境的干扰频繁而显著, 使其成为长江上游典型的生态环境脆弱区^[3,4]。许多学者从不同角度在聚落空间格局的形成、分布规律、所处空间的适宜性、环境及变迁等方面取得了大量研究成果^[5-8]。国外对聚落的研究主要包括: 聚落与自然环境的关系、聚落空间体系、聚落社会学、聚落格局演化等, 总体上呈现出由单一尺度向多尺度、从定性描述到定量分析、由空间分析向人文社会范式的转变过程^[9,10]。国内对聚落的研究起步较晚, 主要集中在利用GIS和多元统计方法、结合土地利用类型或利用景观格局方

法对聚落进行研究^[11,12]。岷江上游山区聚落生态位的形成和发展是长期以来人类适应自然、利用自然资源和民族融合的产物。在地理空间尺度上, 山区聚落生态位与生境有着相同的涵义。近几年, 围绕岷江上游聚落生态位的研究主要集中在山区聚落分布规律^[13-15]、聚落生态区划^[16-18]、聚落生态特征^[19,20]等方面, 但涉及民族类型对山区聚落生态位空间分异、山区聚落生态位几何特征与植被生境适宜性间相互关系及其影响的研究较少。为此, 本文应用分形和多水平贝叶斯模型, 系统阐释山区聚落生态位的民族属性与植被生境的内在机理, 研究结果可为评估山区人地关系提供数据支撑。

1 研究区域概况

岷江上游位于31°26'N~33°16'N, 102°59'E~104°14'E之间, 地处青藏高原向四川盆地过渡地

收稿日期: 2016-03-17; **修订日期:** 2016-05-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(41601088)、国家科技支撑计划课题项目(2015BAC05B04)、四川省科技支撑计划项目(2014SZ0058)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41601088), China National Science and Technology Support Program (2015BAC05B04), Sichuan Province Science and Technology Support Program (2014SZ0058).]

作者简介: 樊敏(1984-), 女, 重庆开县人, 博士, 讲师, 主要从事山区生态服务与规划研究。E-mail: firstfanmin@hotmail.com

通讯作者: 王青, 教授。E-mail: qingw@imde.ac.cn

带,是藏-羌-汉-回多民族聚居共生的人文地理单元^[20,21](图1)。藏族聚落生态位主要分布在海拔1 100~3 200 m,分布范围广,分布面积达562.27 km²;羌族主要位于干旱河谷和二半山地带,分布面积351.24 km²;回族聚落生态位少且分布集中;汉族主要分布在海拔小于1 600 m地带,分布面积为39.32 km²。作为中国横断山区北部干温河谷类型的典型分布区,流域内山地气候垂直分异显著,生态环境复杂,植被空间异质性独特。从河谷到山顶的气候带分布为:亚热带-山地暖温带-温带-山地寒带-山地亚寒带-山地冰川带。亚热带常绿阔叶林-灌丛(800~1 300 m)-干旱河谷小叶灌丛(1 300~2 200 m)-常绿、落叶阔叶林与针阔叶混交林(2 000~2 800 m)-云杉(*Picea likiangensis*)、冷杉林(*Abies faxoniana*)(2 800~3 600 m)-高山灌丛、草甸(>3 600 m)。在此植被垂直带谱中,都江堰至草坡段以亚热带常绿阔叶林为山地基带,草坡以北的岷江上游干流及杂谷脑、黑水河支流以小叶灌丛为基带。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

1) 基础地理数据:1999年的遥感影像数据为SPOT-2、4,包括10 m全色波段和20 m多光谱波段;2009年的遥感影像数据为SPOT-5卫星获取,包括5 m全色波段和10 m多光谱波段。影像数据覆盖整个岷江上游,成像所用传感器分别为HRV、HRVIR、HRG2,产品级别均为1A。

2) 数字高程模型(DEM):2009年的ASTER GDEM,其精度为30 m。

3) 山区聚落空间分布图:研究区共有1 667个山区聚落生态位,汉族聚落生态位为140个;羌

族聚落生态位为667个;藏族聚落生态位为834个;回族聚落生态位为26个(图2)。

2.2 研究方法

2.2.1 植被适宜性等级划分

本文采用自然断点法,将研究区植被生境适宜性分为4类:I类(3.951~2.830):植被生境适宜性最高;II类(2.830~2.362):植被生境适宜性较高;III类(2.362~1.894):植被生境适宜性较差;IV类(1.894~1.165):植被生境适宜性最差(图3)。

2.2.2 多水平贝叶斯模型

1) 山区聚落生态位间隙度指数

基于间隙度指数多水平贝叶斯模型^[22-25],经改进后,山区聚落生态位间隙指数表达式如下:

$$y_i \sim N(\alpha_{[i]} \times (x_i)^{-\beta_{[i]}}, \sigma_y^2) \quad (1)$$

$$\sigma_y \sim N(0, \delta^2)$$

$$\begin{pmatrix} \alpha_j \\ \beta_j \end{pmatrix} \sim N \left[\begin{pmatrix} \mu_\alpha \\ \mu_\beta \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \sigma_\alpha^2 & \sigma_{\alpha\beta} \\ \sigma_{\alpha\beta} & \sigma_\beta^2 \end{pmatrix} \right] \quad (2)$$

式中: i 为样本数目($i=1,2,\dots,n$,本文中 n 为400,各民族类型山区聚落生态取100个样本), j 为山区聚落民族类型数目包括藏族、羌族、汉族和回族($j=1,2,\dots,J$,本文中 J 为4), x_i 为采样网格尺度, y_i 为间隙度指数, α 为初始间隙度指数, β 为间隙度维数, β 越大表示山区聚落生态位越呈现离散状态,空间分异尺度越大, β 越小表示山区聚落生态位越呈现聚集状态,空间分异尺度越小,聚落生态位的空间分辨率为0.5 m × 0.5 m,采样网格尺度为1~100倍网格(0.5~50 m)。

2) 山区聚落生态位几何特征

为了消除原始数据量纲的影响,需对原始数

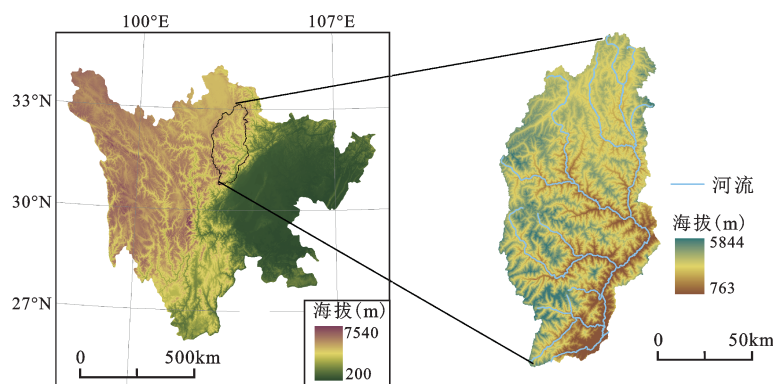


图1 岷江上游地理位置

Fig.1 The geographical location of the upper reaches of the Minjiang River

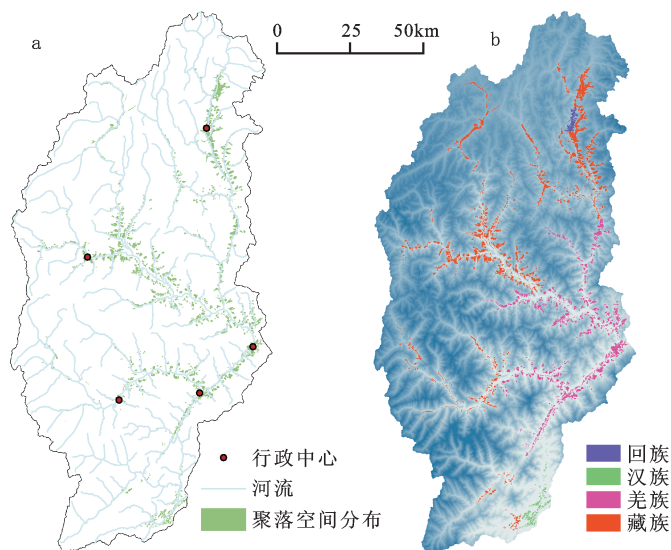


图2 岷江上游山区聚落生态位空间分布(a)与民族类型聚落生态位分布(b)
Fig.2 The spatial distribution(a) and nationality categories variation (b) of mountainous settlement ecological niche in the upper reaches of the Minjiang River

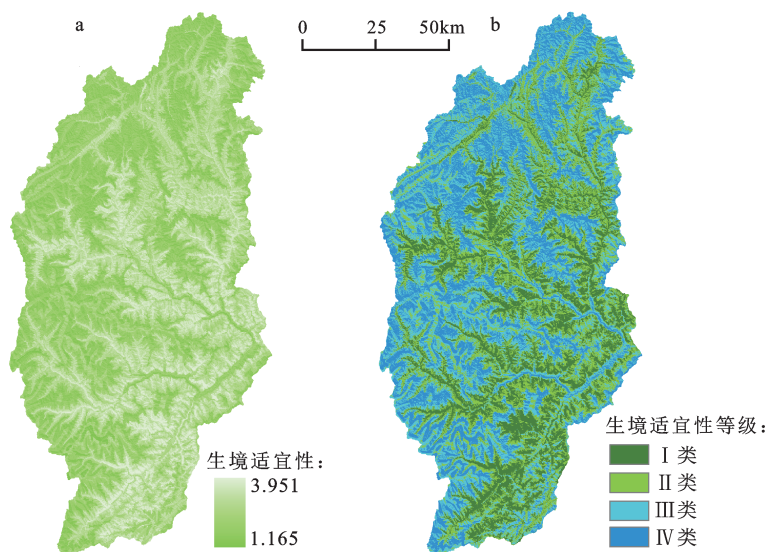


图3 岷江上游植被生境适宜性空间分布(a)及其等级分布(b)
Fig.3 The spatial distribution of vegetation habitat suitability(a) and its class (b) in the upper reaches of the Minjiang River

据进行标准化^[26-28]:

$$z_i = [Z_i - (m - 2s)] / (4s) \quad (3)$$

式中, Z_i 和 z_i 分别为标准化前后的变量; m 和 s 分别为标准化前变量的平均值和标准差。

本文聚落生态位几何特征多水平贝叶斯模型模拟分析中均采用标准化后的变量值, 聚落生态位几何特征多水平贝叶斯模型表达式如下:

$$\begin{aligned} y_i &\sim N(\alpha_{j[i]} + \beta_{j[i]} x_i, \sigma_y^2) \\ \sigma_y &\sim N(0, \delta^2) \\ \alpha_j &\sim N(\mu_\alpha, \sigma_\alpha^2), \beta_j \sim N(\mu_\beta, \sigma_\beta^2) \end{aligned} \quad (4)$$

式中 i 为样本数目即聚落总数目 ($i = 1, 2, \dots, n$, 本文中 n 为 1 667), j 为研究区域各民族类型包括藏族、羌族、汉族和回族 ($j = 1, 2, \dots, J$, 本文中 J 为 4), x_i 为植被生境适宜性指数, y_i 为山区聚落生态位几何特征

(聚落生态位面积、周长、周长与面积的比率)。

3 结果与讨论

3.1 山区聚落生态位的空间异质性

3.1.1 山区聚落生态位间隙度指数

随着采样网格尺度的增加,山区聚落生态位间隙度指数呈幂指数函数递减(图4)。采样网格尺度为10(即5 m, 10×0.5 m)时,间隙度指数曲线出现拐点,采样网格尺度小于等于10时,间隙度指数曲线下降的速率较快,采样网格尺度大于等于10时,间隙度指数下降的速率减缓,最终趋于不变,表明采样网格尺度10为岷江上游山区聚落生态位的空间变异特征尺度的特征点。汉族聚落生态位间隙度指数曲线在采样网格尺度10的曲率最大,表明其空间变异特征最为明显,而回族聚落生态位间隙度指数的曲率最小。藏-羌-汉-回族及流域内1 667个聚落生态位的间隙度指数曲线在

采样网格尺度分别为70、50、50、50、60时,趋于不变,表明其空间变异减小,聚落生态位趋于空间均质分布,藏族聚落生态位空间均质分布对应的采样网格尺度最大,这与其分布范围广泛和聚落个数较多(834个)有关。

藏族聚落生态位的初始间隙度指数为62.131,由于其分布范围广泛,对采样网格尺度十分敏感,空间分异大。该聚落生态位主要分布在海拔1 100~3 200 m,分布面积达562.27 km²。汉族聚落生态位的初始间隙度指数为61.362,与其它民族聚落生态位交错分布,对采样网格尺度较为敏感,空间分异较大,直接反映了山区汉族聚落相对于平原聚落,其空间封闭性较强。该聚落生态位主要位于海拔小于1 600 m,分布面积达39.32 km²,分布在岷江上游沿岸经济比较发达的城镇及河谷河坝地区。羌族聚落生态位的初始间隙度指数为57.426,对采样网格尺度敏感性较低,空间分异较

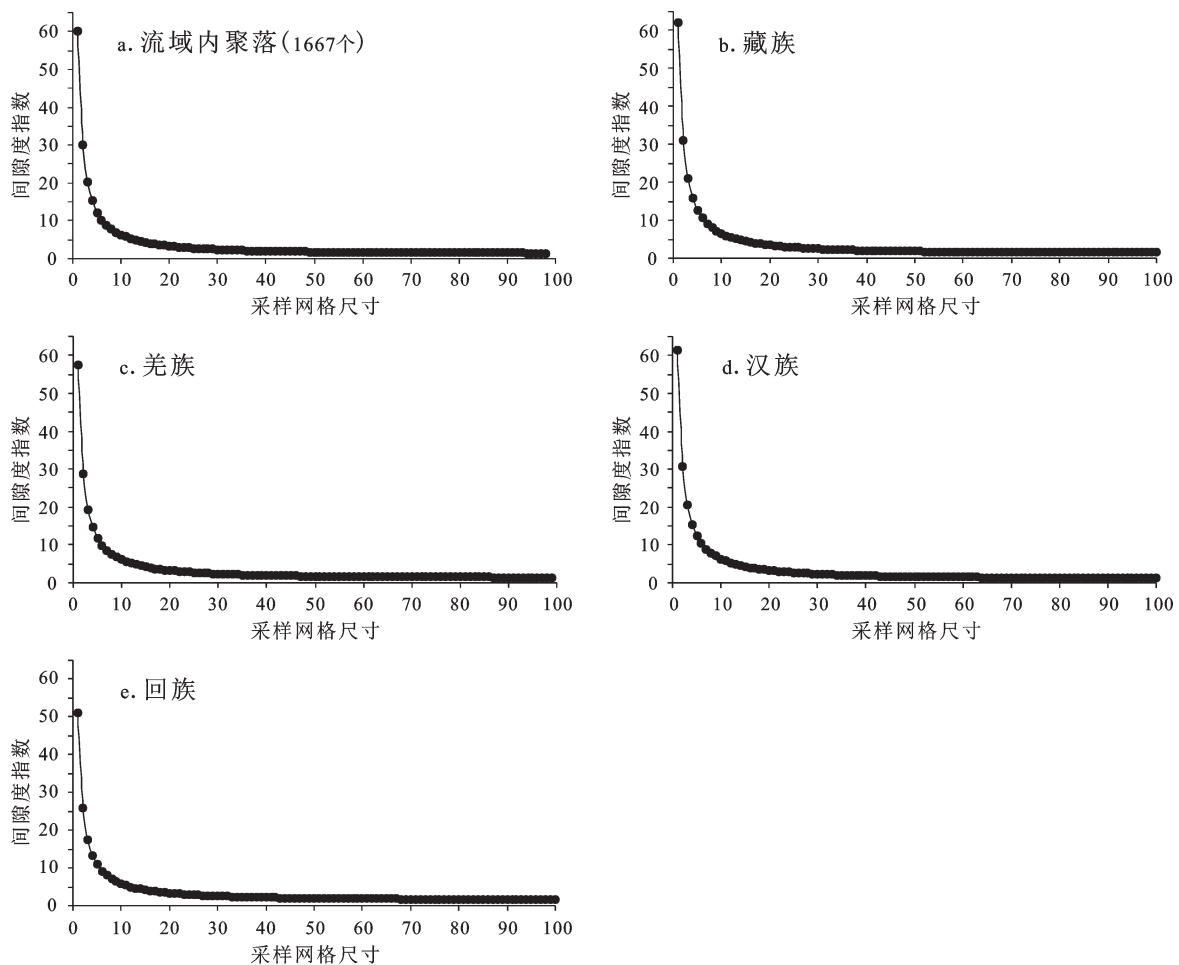


图4 岷江上游山区聚落生态的间隙度指数分布

Fig.4 Distributions of lacunarity index for mountainous settlement ecological niches in the upper reaches of the Minjiang River

小。该聚落生态位集中分布在海拔1 180~3 200 m范围内,主要位于以茂县为中心的干旱河谷地区和二半山地带,分布面积达351.24 km²。回族聚落生态位的初始间隙度指数为51.061,对采样网格尺度敏感性最低,空间分异最小,集中分布在海拔2 860~3 280 m的岷江干流河谷区,行政上隶属松潘县的进安镇和十里回族乡。

3.1.2 山区聚落生态位间隙度维数

多水平贝叶斯模型对山区聚落生态位间隙度维数的模拟结果表明:民族类型对山区聚落生态位的空间分异特征影响显著(表1),主要表现为:

1) 藏族聚落生态位的间隙度维数为0.949,空间聚簇性较低,主要位于高半山区,其分布集中偏小,基本无较大聚落形成,88.9%的聚落生态位面积小于4×10⁵m²,因为高山气候寒冷,不适宜人居住,加之交通不便,居住在高半山上的藏族聚落多为耐寒的游牧聚落,聚落生态位偏小。

2) 羌族聚落生态位的间隙度维数为0.942,空间聚簇性比藏族聚落生态位高,主要分布在低半山区和干旱河谷区,这与羌族居民生计以农业为主有关。同时,羌族在这一区域的居住历史悠久,占据着保持民族人口持续增长的高生产力区域。低半山区地势相对河谷开阔,但坡度较大,是河谷和高半山的过渡区,发展潜力受到自然环境的限制,适宜人类活动的范围较少,导致大型羌族聚落发展相对较少,只有少数地理条件优越的聚落生态位偏大。

3) 汉族聚落生态位的间隙度维数为0.960,空间聚簇性最低,主要分布于1 600 m 以下的河谷区,其分布多与政治管理以及森工的发展有关。汉族聚落生态位集中偏小,88.3%的聚落生态位集中在1.4×10⁶m²以下,其中分布最多的是在2.3×10⁴~4×10⁵m²。形成这一分布格局的原因在于岷江上游河谷深切,沟谷狭窄,山体陡峭,适宜人

类开发和利用的土地资源较少,没有形成较为大型的聚落生态位。

4) 回族聚落生态位的间隙度维数为0.889,空间聚簇性较高,由于岷江上游区域地理的特殊性,在海拔较高的高原地貌区松潘县,河谷平坦,腹地开阔,适合发展大型聚落,所以位于该地区的回族聚落生态位普遍偏大,且聚落总数相对较少。流域内1 667个聚落生态位的间隙度维数为0.946,其值介于汉族与回族聚落生态位之间,空间聚簇性较低。

3.2 山区聚落生态位与植被生境适宜性的关系

山区聚落位于山体的截留部分,是长期以来人与自然和谐相互耦合作用的结果。植被生境适宜性指数可反映土壤、植被、气候、和地形因子在空间上的叠加耦合作用。多水平贝叶斯模型的模拟显示:民族类型生态位的几何特征与植被生境适宜性间相关性显著(表2)。

藏-羌-汉-回-聚落生态位内植被生境适宜性指数均值分别为:2.816、2.622、2.529、2.644,主要分布在Ⅰ、Ⅱ类植被生境适宜性区(图3),该区域能够提供丰富的生态系统服务功能,例如水源涵养、食物生产、土壤保护和气候调节等,是岷江上游山区理想的聚落场所。Ⅰ类植被生境适宜性区主要分布在海拔范围为2 100~2 800 m或者1 300 m以下,适宜的气候条件和土壤稳定性适合植被生长,其植被类型主要为常绿落叶阔叶混交林;Ⅱ类植被生境适宜性区位于2 800~3 600 m,良好的气候条件和土壤稳定性也较为适合植被生长,植被类型主要为针阔混交林。

3.2.1 山区聚落生态位几何表征

1) 回族聚落生态位面积、周长对植被生境适宜性的敏感性分别为0.616、0.632,面积与周长随植被生境适宜性的增加而增大,其变化系数分别为0.162、0.028。

表1 山区聚落生态位间隙度指数与采样网格尺度关系的拟合系数

Table 1 Fitting coefficients of lacunarity index for mountainous settlement ecological niches and sampling grid sizes under different nationality categories

系数	民族类型				
	藏族	羌族	汉族	回族	流域内聚落(1667个)
α	61.21	56.5	60.67	49.64	59.04
	[60.38, 62.05]	[55.64, 57.32]	[59.83, 61.51]	[48.81, 50.47]	[58.22, 59.89]
	0.949	0.942	0.960	0.889	0.946
β	[0.936, 0.961]	[0.928, 0.955]	[0.948, 0.973]	[0.875, 0.903]	[0.934, 0.959]

表2 山区聚落生态位几何特征与植被生境适宜性关系的拟合系数

Table 2 Fitting coefficients of geometrical features for mountainous settlement ecological niches and vegetation habitat suitability under different nationality categories

山区聚落生态位 几何特征指标	系数	民族类型				
		藏族	羌族	汉族	回族	流域内聚落(1667个)
面积	α	0.545	0.422	0.377	0.616	0.441
		[0.491, 0.598]	[0.390, 0.454]	[0.303, 0.458]	[0.384, 0.824]	[0.415, 0.467]
	β	-0.00428	0.109	-0.0622	0.162	0.119
		[-0.0937, 0.0828]	[0.0463, 0.171]	[-0.258, 0.101]	[-0.243, 0.691]	[0.0709, 0.165]
周长	α	0.588	0.444	0.366	0.632	0.464
		[0.532, 0.645]	[0.411, 0.476]	[0.294, 0.441]	[0.439, 0.837]	[0.437, 0.490]
	β	-0.0775	0.0618	-0.0389	0.0275	0.0728
		[-0.173, 0.0172]	[-0.00220, 0.125]	[-0.203, 0.116]	[-0.384, 0.445]	[0.0260, 0.121]
周长/面积	α	0.590	0.610	0.455	0.481	0.601
		[0.541, 0.641]	[0.580, 0.641]	[0.367, 0.544]	[0.160, 0.747]	[0.574, 0.627]
	β	-0.216	-0.210	0.515	-0.336	-0.202
		[-0.303, -0.135]	[-0.272, -0.152]	[0.311, 0.717]	[-0.912, 0.352]	[-0.248, -0.153]

2) 藏族聚落生态位面积、周长对植被生境适宜性的敏感性较高,其值分别为0.545、0.577,其面积和周长随植被生境适宜性的增加而减小(-0.004、-0.078)。

3) 羌族聚落生态位面积、周长对植被生境适宜性的敏感性分别为0.422、0.444,其面积和周长随植被生境适宜性的增加而增大,变化系数分别为0.109、0.061 8。

4) 汉族聚落生态位面积对植被生境适宜性的敏感性分别为0.377、0.366,面积和周长随植被生境适宜性的增加而减小(-0.062、-0.039)。

3.2.2 山区聚落生态位几何复杂程度

1) 羌族聚落生态位周长与面积的比率对植被生境适宜性的敏感性为0.610,生态位周长与面积的比率随着植被生境适宜性的增加而减小(-0.210)。

2) 藏族聚落生态位周长与面积的比率对植被生境适宜性的敏感性为0.590,其周长与面积的

比率随着植被生境适宜性的增加而减小(-0.216)。

3) 回族聚落生态位周长与面积的比率对植被生境适宜性的敏感性为0.481,其周长与面积的比率随着植被生境适宜性的增加而减小(-0.336)。

4) 汉族聚落生态位周长与面积的比率对植被生境适宜性的敏感性为0.455,其周长与面积的比率随着植被生境适宜性的增加而增大(0.515)。

山区聚落生态位几何表征和几何复杂程度的计算结果表明:流域内1 667个聚落生态位面积、周长、周长与面积的比率对植被生境适宜性的敏感性(0.601)及变化趋势(-0.202),与羌族相似。这一研究结果深层次的科学价值在于:羌族聚落生态位可作为研究岷江上游山区聚落的“窗口”,有利于藏-羌-汉-回多民族共生区人地关系研究的简单化,这也是当今聚落生态研究的前沿。

表3模拟结果表明:民族类型对山区聚落生态位空间分布特征的影响显著。民族类型对山区聚落生态位间隙度指数对采样网格尺度敏感性的影

表3 民族类型对山区聚落生态位空间分布特征的影响

Table 3 The effects of nationality categories on spatial distribution features of mountainous settlement ecological niches

影响系数	山区聚落生态位空间分布特征指标			
	间隙度	面积	周长	周长/面积
σ_{α}	9.212	0.247	0.242	0.190
	[3.327, 25.100]	[0.0521, 0.925]	[0.0706, 0.763]	[0.0374, 0.669]
σ_{β}	0.622	0.251	0.208	0.797
	[0.0203, 3.168]	[0.0264, 0.963]	[0.0288, 0.796]	[0.239, 2.443]

响为9.212,对聚落生态位面积、周长、周长与面积的比率对植被生境适宜性敏感性的影响分别为0.247、0.242、0.190。民族类型对山区聚落生态位间隙度指数与采样网格尺度间变化关系的影响为0.622,对聚落生态位面积、周长、周长与面积的比率与植被生境适宜性间变化关系的影响分别为0.251、0.208、0.797。

岷江上游聚落生态位独特的民族文化特征的形成和发展,除了受传统社会文化因素影响,其周围的地形、河流、气候、土壤和植被等因素对聚落生态位的区位选择、规模大小和外部形态均产生了重要的影响。同时,植被生境的宜居性,对岷江上游山区聚落生态位的发展方向及其形态又产生了空间引导作用。

4 结论

分形和多水平贝叶斯模型,能够有效地揭示岷江上游藏-羌-回-汉聚落生态位空间分异特征,以及与植被生境适宜性的协调性,研究结果有助于山区聚落生态位的布局优化,为进一步促进山区用地的集约化利用和资源的合理配置提供有益参考。

1) 岷江上游聚落生态位的民族特征

藏-羌-回-汉聚落生态位空间聚簇程度依次为:汉<藏<羌<回。具体表现为:834个藏族聚落生态位分布于高半山地区,小聚落与低聚簇性特征对应于藏民半定居和游牧生计方式;667个羌族聚落生态位主要分布在低半山地区 and 干旱河谷区,空间聚簇性比藏族高,居民生计以农业为主;140个汉族聚落生态位分布于1 600 m以下的河谷区,生态位面积集中偏小,空间聚簇性最低;26个回族聚落生态位集中分布在松潘县十里回族乡和进安镇,空间聚簇性较高。在流域尺度上,1 667个聚落生态位空间分异特征与藏族近一致。

2) 岷江上游聚落生态位的几何特征

聚落生态位几何面积、周长对植被生境的敏感程度依次为:回>藏>羌>汉,且羌族生态位几何面积、周长随植被生境适宜性的增加而递增。在流域尺度上,1 667个聚落生态位的几何复杂程度随植被生境适宜性的增加而递减。聚落生态位几何复杂程度对植被生境的敏感程度依次为:羌>藏>回>汉。特别是,1 667个聚落生态位几何特征对植被生境适宜性的敏感程度与羌族相似。

综上所述,藏族和羌族聚落生态位可作为认知岷江上游山区聚落的“窗口”,该“窗口”有利于揭示藏-羌-汉-回多民族共生区所蕴含的某种规律和特征,实现复杂人地系统问题的简化,这也是当今聚落生态研究的前沿。山区聚落生态位是表征山区人地关系的有效指标,本文通过分形和多水平贝叶斯模型,研究了岷江上游聚落生态位的空间尺度特征及其与植被生境适宜性的关系,在一定程度上,揭示了山区聚落生态位所蕴含的某种规律。本文仅选取自然环境因素,而对影响山区聚落生态位规模的人文因素尚待进一步研究。

参考文献(References):

- [1] 陈国阶. 西部大开发与聚落生态建设——以西南山区为例[J]. 农村生态环境, 2001, 17(2): 5-8. [Chen Guojie. Development of West China and the construction of settlement ecology—take the southwest mountainous area of China as an example. Rural Eco-environment, 2001, 17(2): 5-8.]
- [2] 王青, 石敏球, 郭亚琳, 等. 岷江上游山区聚落生态位垂直分异研究[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1559-1567. [Wang Qing, Shi Mingui, Guo Yalin et al. The vertical differentiation of the mountain settlement niche in the upper reaches of Minjiang River. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(11): 1559-1567.]
- [3] 包维楷, 陈庆恒, 刘照光. 岷江上游山地生态系统的退化及其恢复与重建对策[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(3): 277-282. [Bao Weijie, Chen Qingheng, Liu Zhaoguang. Degradation of mountain ecosystem in the Upper Reaches of the Minjiang River and countermeasures for their rehabilitation and Reconstruction. Resources and Environment in Yangtze Basin, 1995, 4(3): 277-282.]
- [4] 陈勇, 陈国阶, 王益谦. 山区人口与环境互动关系的初步研究[J]. 地理科学, 2002, 22(3): 282-287. [Chen Yong, Chen Guojie, Wang Yiqian. A preliminary study on the interactive relationship between population and environment in mountains. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(3): 282-287.]
- [5] 曾早早, 方修琦, 叶瑜. 吉林省近300年来聚落格局演变[J]. 地理科学, 2011, 31(1): 87-94. [Zeng Zaozao, Fang Xiuqi, Ye Yu. The pattern evolution of settlements in Jilin province over the past 300 years. Scientia Geographica Sinica, 2011, 31(1): 87-94.]
- [6] 汤国安, 赵牡丹. 基于GIS的乡村聚落空间分布规律研究—以陕北榆林地区为例[J]. 经济地理, 2000, 20(5): 1-4. [Tang Guoan, Zhao Mudan. A GIS based research on the distribution of rural settlements—Taking Yulin area as an example. Economic Geography, 2000, 20(5): 1-4.]
- [7] Thorsen I, Ubøe J. Modelling residential location choice in an area with spatial barriers[J]. The Annals of Regional Science, 2002, 36(4): 613-644.

- [8] Fang Chuanglin, Wu Fenglin, Li Maoxun. Suitability evaluation of population and settlements spatial layout after Wenchuan Earthquake[J]. *Journal of Geographical Sciences*, 2011, 21(3): 539-548.
- [9] Paquette S, Domon G. Changing ruralities, changing landscapes: exploring social recomposition using a multi-scale approach[J]. *Journal of Rural Studies*, 2003, 19(4): 425-444.
- [10] Marjanne S, Marc A. Settlement models, land use and visibility in rural landscapes: Two case in Greece[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 80(4): 362-374.
- [11] 刘邵权. 农村聚落生态研究: 理论与实践[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006: 124-134. [Liu Shaoquan. Rural settlement ecology theory and practice. Beijing: China Environmental Science Press, 2006: 124-134.]
- [12] Chen Yong, Chen G, Wang Qing. Two village ecosystems in the upper Minjiang River: A comparison of energy flow[J]. *Wuhan University Journal of Natural Science*, 2003, 8(3B): 935-939.
- [13] 马旭, 王青, 丁明涛, 等. 岷江上游山区聚落生态位及其模型[J]. *生态与农村环境学报*, 2012, 28(5): 574-578. [Ma Xu, Wang Qing, Ding Mingtao et al. Ecologic of the settlements in mountains of the upper reaches of Min river and its mathematical model. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2012, 28(5): 574-578.]
- [14] 闫卫坡, 王青, 郭亚琳, 等. 岷江上游山区聚落生态位地域边界划分与垂直分异分析[J]. *生态与农村环境学报*, 2013, 29(5): 572-576. [Yan Weipo, Wang Qing, Guo Yalin et al. Delineation of geographical boundaries of settlement niches in mountains of the upper reaches of the Min river and analysis of their vertical differentiation. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 2013, 29(5): 572-576.]
- [15] 陈勇, 陈国阶. 岷江上游聚落分布规律及其生态特征——以四川理县为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2003, 13(1): 72-77. [Chen Y, Chen Guojie. Distribution of human settlements in the upstream Minjiang River and their ecological characteristics—a case study of Lixian county. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 13(1): 72-77.]
- [16] 陈勇, 陈国阶, 刘邵权, 等. 川西南山地民族聚落生态研究——以米易县麦地村为例[J]. *山地学报*, 2005, 23(1): 108-114. [Chen Yong, Chen Guojie, Liu Shaoquan et al. Ecological studies of human settlements of ethnic groups in south-western Sichuan—A case study of maidi village, Miyi county. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(1): 108-114.]
- [17] 刘延国, 黄成敏, 王青, 等. 岷江上游山区杂谷脑河流域聚落变迁规律及其驱动机制实证研究[J]. *海南师范大学学报: 自然科学版*, 2014, 27(1): 57-62. [Liu Yanguo, Huang Chengmin, Wang Qing et al. An empirical research on evolution characteristics and dynamic mechanism of rural settlements in mountain areas of the Upstream of Minjiang River. *Journal of Hainan Normal University(Natural Science)*, 2014, 27(1): 57-62.]
- [18] Guo Yalin, Wang Qing, Yan Weipo et al. Assessment of habitat suitability in the Upper Reaches of the Min River in China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2015, 12(3): 737-746.
- [19] 蔡运龙, 宋长青, 冷疏影. 中国自然地理学的发展趋势与优先领域[J]. *地理科学*, 2009, 29(5): 619-626. [Cai Yunlong, Song Changqing, Leng Shuying. Future development trends and priority areas of physical geography in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2009, 29(5): 619-626.]
- [20] 石硕. 岷江上游走廊的历史演变与民族文化特点[M]. 成都: 四川大学出版社, 1996: 43-54. [Dan Shuo. Historical evaluation of corridor and characteristic of National culture in the upper reaches of Minjiang River. Chengdu: Sichuan University Press, 1996: 43-54.]
- [21] 刘颖, 邓伟, 宋学茜, 等. 基于地形起伏度的山区人口密度修正——以岷江上游为例[J]. *地理科学*, 2015, 35(4): 464-470. [Liu Ying, Deng Wei, Song Xueqian et al. Population density correction method in mountain areas based on relief degree of land surface: A case study in the Upper Minjiang River Basin. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(4): 464-470.]
- [22] Rocas-Díaz Jose V, Díaz-Varela Ramón A, Álvarez-Álvarez P et al. A multiscale analysis of ecosystem services supply in the NW Iberian Peninsula from a functional perspective[J]. *Ecological Indicators*, 2015, 50: 24-34.
- [23] Rocas-Díaz Jose V, Díaz-Varela Emilio R, Álvarez-Álvarez P. Analysis of spatial scales for ecosystem services: Application of the lacunarity concept at landscape level in Galicia (NW Spain) [J]. *Ecological Indicators*, 2014, 36: 495-507.
- [24] Dong Pinliang. Lacunarity analysis of raster datasets and 1D, 2D, and 3D point patterns[J]. *Computers & Geosciences*, 2009, 35(10): 2100-2110.
- [25] 常学礼, 张安定, 杨华, 等. 科尔沁沙地景观研究中的尺度效应[J]. *生态学报*, 2003, 23(4): 635-641. [Chang Xueli, Zhang Anding, Yang Hua et al. Scale effects of landscape research in Kerqin Sandy Land. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 635-641.]
- [26] 张振明, 余新晓, 朱建刚. 多水平贝叶斯模型预测森林土壤全氮[J]. *生态学报*, 2009, 29(10): 5675-5683. [Zhang Zhenming, Yu Xinxiao, Zhu Jiangang. Hierarchical bayesian model for predicting the soil Nitrogen of forest. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5675-5683.]
- [27] Gelman A, Hill J. Data analysis using regression and multilevel/hierarchical models[M]. Cambridge: cambridge university press, 2006: 12-14.
- [28] Fan Min, Shibata Hideaki. Water yield, nitrogen and sediment retentions in Northern Japan (Teshio river watershed): land use change scenarios analysis, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2016, 21(1): 119-133.

Spatial Distribution Characteristics of Mountainous Settlement Ecological Niche in the Upper Reaches of the Minjiang River

Fan Min, Guo Yalin, Li Fucheng, Wang Qing

(School of Environment and Resource, Southwest University of Science and Technology,
Mianyang 621010, Sichuan, China)

Abstract: The settlement ecological niche is the basic element for studying human-land relationship in the mountainous area, which could reflect located spatial position of the settlement vertically along the mountain and resources space available to the settlement for sustenance. It is an effective approach of studying mountainous environmental change and how the human adapted to its change by revealing inner mechanisms about spatial structure of settlement ecological niche and vegetation habitat suitability. Based on the spatial distributions of mountainous settlement ecological niche of individual nationality categories and vegetation habitat suitability in the Upper Reaches of the Minjiang River, this study quantified the affect of nationality category on spatial distributed characteristics of mountainous settlement ecological niche by use of Fractal and Bayesian Models. The detailed results are as following: 1) The values of lacunarity dimensions of Tibetan, Qiang, Hui, and Han nationalities settlement ecological niches were 0.949, 0.942, 0.889, and 0.960, respectively. The maximum value of lacunarity dimension appeared in the Han nationality settlement ecological niche, and indicated that its spatial cluster was lowest and spatial differentiation was highest. The minimum value of lacunarity dimension occurred in the Hui nationality settlement ecological niche, and indicated that its spatial structure was highest and spatial differentiation was lowest. It also suggested that spatial distribution of Hui nationality settlement ecological niche possessed closeness characteristic. Meanwhile, the lacunarity dimension of all 1 667 settlement ecological niches in the studied watershed was 0.946, which approximated to the lacunarity dimension of Tibetan nationality settlement ecological niche (0.949). It indicated that the spatial heterogeneity of Tibetan nationality settlement niche played an important role in the spatial differentiation of all mountainous settlement ecological niches. 2) The average values of vegetation habitat suitability index of Tibetan, Qiang, Han, and Hui nationality settlement ecological niches were 2.816, 2.622, 2.529, and 2.644, respectively, which revealed that the harmony between spatial distribution of mountainous settlement ecological niche and vegetation habitat suitability was high. The sensitivity of all 1 667 settlement ecological niches in the studied watershed to vegetation habitat suitability (0.601) was close to that Qiang nationality settlement ecological niche (0.610), which indicated that Qiang nationality settlement ecological niche can reflect the whole geometrical characteristics of all settlement ecological niches in the studied site. 3) Nationality type significantly impacted on the spatial location, scale, and pattern of mountainous settlement ecological niche, which led to stronger spatial differentiation, and clearer geographical boundaries of Tibetan, Qiang, Hui, and Han different nationality settlement ecological niches. In summary, the study on quantifying of mountainous settlement ecological niche in the upper reaches of the Minjiang River could provide the data support for spatial reconstruction and ecological construction of mountainous settlement. The proposed research framework in this study could be extended to other co-existent area of multiple nationality categories to identify spatial distributed characteristics of settlements.

Key words: mountainous settlement ecological niche; nation category; vegetation habitat; suitability; the upper reaches of the Minjiang River