

文章编号: 1008-2786-(2019)2-263-08

DOI: 10.16089/j.cnki.1008-2786.000420

山区聚落与耕地空间耦合关系研究 ——以北川县为例

武锋强¹, 王青^{1*}, 莫才健¹, 邹强²

(1. 西南科技大学 环境与资源学院, 四川 绵阳 621010; 2. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘 要: 探究山区聚落与耕地间的耦合关系, 对山区聚落重构与农业发展具有重要意义。本文采用核密度法、局部空间自相关、Ripley' k 函数和聚耕比指数等方法定量分析了北川县山区聚落与耕地在数量与质量上的空间特征。结果表明: 1) 北川县聚落属于典型的山区农业聚落, 且多为离散型或小规模群体性聚落, 加之受地形因素影响, 多属于平行于等高线的台阶式聚落。2) 由多距离空间聚集指数可看出, 小尺度下的聚落聚集特性并不明显, 多数聚落呈离散性。3) 北川县域聚落与耕地空间分布关系密切, 聚落分布呈显著的“耕地指向性”, 聚耕比指数差异明显, 呈由西北向东南逐渐增大的分布趋势。4) 北川县域耕地质量等级较低, 但耕地分布空间同质性较好, “高一高”质量耕地, 与“低—低”质量耕地具有明显的聚集特性。本文在传统的以分析聚落与耕地数量关系为中心的基础上, 加入耕地质量分析, 较全面地反映聚落与耕地的空间耦合关系, 为聚落与耕地关系的整体认知提供了新的思路。

关键词: 核密度; 局部空间自相关; 聚落

中图分类号: F301.21

文献标志码: A

近年来, 随着我国新型城镇化的快速发展以及“三农”问题、新农村、城乡统筹、美丽乡村等国家政策的提出和实施, 中国农村发展进入了一个新的阶段。在发展的同时, 不可避免地产生一些问题, 如乡村聚落用地面积的无序化、耕地的占用、某些村落的空心化等问题。使得所在区域的村落形态特征和分布密度发生了显著变化^[1]。因此, 迫切需要优化村落空间布局, 强化其实证研究。近几年, 国内外学者从聚落形态特征、聚落与周边附属物关系、功能及变化等角度探讨了聚落空间演变的机理、技术与方法^[2-4]。如以聚落与水土流失关系为研究内容, 分

析不同村落的聚落特征^[2]; 采用网格技术分析坡耕地与聚落之间的配置关系^[5]; 通过利用经济、城镇化、交通和制度等驱动因素分析聚落与耕地之间的空间关系^[6-7]。这些研究从不同角度分析了聚落变迁特征, 为聚落及与周边地物关系的研究提供了借鉴意义。

乡村聚落空间演变是一种社会秩序交互作用所产生的现象。随着时代的改变、人类社会的变化速度与日俱增, 聚落也在历史的演变中不断改变或扩张。然而聚落空间分析经常欠缺数据量化的依据, 导致空间的性质难以明确地被解析, 尤其是

收稿日期 (Received date): 2019-01-04; **改回日期** (Accepted date): 2019-04-27

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金资助项目 (41071115); 四川省教育厅科研项目 (18ZA0489); 西南科技大学博士基金项目 (18ZX7123)。[National Natural Science Foundation of China (41071115); Foundation of Sichuan Education Department (18ZA0489); Doctoral Foundation of Southwest University of Science and Technology (18ZX7123)]

作者简介 (Biography): 武锋强 (1982-), 男, 山西吕梁人, 博士, 讲师, 主要研究方向: 遥感反演与聚落环境演化。[WU Fengqiang (1982-), male, born in Lvliang, Shanxi province, Ph. D., lecturer, research on remote sensing inversion and settlement environment evolution] E-mail: gis3s@163.com

*** 通讯作者** (Corresponding author): 王青 (1967-), 男, 山西阳高人, 博士, 教授, 主要研究方向: 山区环境与发展研究。[WANG Qing (1967-), male, born in Yanggao, Shanxi province, Ph. D., professor, research on mountain environment and development research] E-mail: qingw@imde.ac.cn

“5·12”大地震之后,北川地区新旧聚落空间变更,空间纹理的复杂程度高,难以被既有的空间分析方法完全刻画,因此本研究以北川羌族自治县(以下简称北川县)为例,采用空间指数的方法,探究北川县域山地聚落与耕地数量、质量之间的空间相关性,为聚落经济发展和土地资源的合理利用提供参考。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

北川羌族自治县位于四川盆地西北部,属四川盆地—盆周山区地形(图1)。东邻江油市,南接安州区,西抵茂县,北靠松潘与平武县。北川县下辖8镇、15乡,县政府所在地为永昌镇。北川全境多为山区,西面属岷山山脉,其东面属龙门山脉,境内海拔440~4800 m,地势西北高东南低。

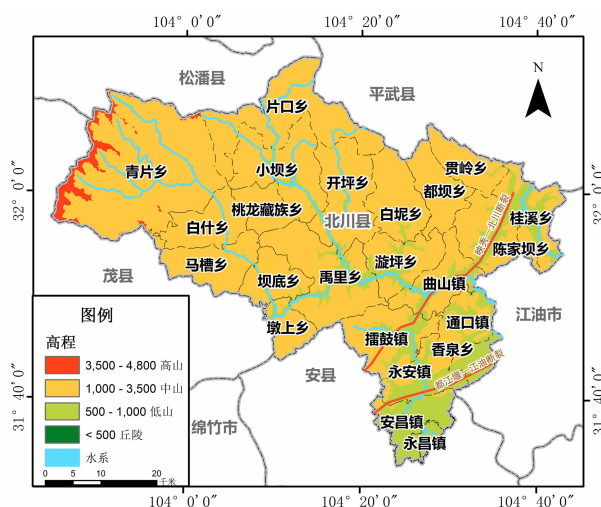


图1 研究区北川县位置图

Fig. 1 The location of study area in Beichuan, China

1.2 数据来源

研究数据源于2015年北川县国土资源局、农业局等单位。其中,基础数据包括北川县地形图与行政边界等;土地利用矢量数据包括2015年北川县土地利用调查数据和2015年耕地等级评价数据等;社会经济统计数据源于《北川羌族自治县年鉴(2016)》、《绵阳统计年鉴2016》和政府网站等。

2 研究方法

为了解乡村聚落聚集程度、聚集区域、聚集尺度

及聚落与耕地的空间耦合关系,本研究以核密度法、标准椭圆法^[8]分析聚落空间分布特征、显著聚集及分散程度;此外,因点分布的聚集程度可能随观测尺度的改变而有所不同,小尺度下呈现聚集的小团体,但大尺度下却呈均匀分散的现象,因此采用Ripley's K函数来衡量聚落聚集尺度及随空间尺度的变化规律;采用聚耕比指数分析聚落与耕地的数量关系,利用局部空间自相关性指数分析耕地质量空间聚集特性,以此分析聚落与耕地在数量和质量上的空间耦合关系。

2.1 核密度法

核密度法是以聚落点作为定点核心,计算出半径范围内的聚落数,生成密度趋势面^[9-10]。核密度分析是分析点位空间型态的常用方法,将点位资料转换成连续的格网,每个格网单元记录单位空间中的点位数目,即成为核密度图,有助于了解空间中的热点所在。密度值越大,聚落分布越密集,表达式如下:

$$f(x, y) = \frac{1}{nr^2} \sum k\left(\frac{d_i}{n}\right) \quad (1)$$

式中: $f(x, y)$ 为位于 (x, y) 位置的聚落密度值; r 为搜索格网的半径; n 为所观测到的聚落点数量; k 为所采用的核函数; d_i 为与第 i 个聚落点的距离。因此,栅格单元的大小与搜寻的半径长短将会影响核密度图的平滑程度。

2.2 标准差椭圆

标准差椭圆表示聚落的空间分布特征,描述聚落的中心位置、离散程度与方向指向趋势。椭圆长轴表示聚落空间分布上的方向趋势,短轴表示离散程度^[11]。

2.3 Ripley's K函数分析法

核密度法是从整体角度分析点的密集程度,但聚落的密集分布可能会随研究尺度的不同而变化,因此可能会产生如小尺度上聚集,但在大尺度上随机分布或分散的现象。Ripley's K函数可以针对研究对象进行不同距离的聚集程度分析,发现不同尺度下数据的非随机的特征^[12-13]。其表达式如下:

$$\begin{aligned} K(d) &= \frac{1}{\lambda} \times \frac{\sum_{i=1}^n \# [d_{\min}(i) < d]}{n} \\ &= \frac{A}{n^2} \sum_{i=1}^n \# [d_{\min}(i) < d] \end{aligned} \quad (2)$$

式中: λ 表示点的密度; A 代表聚落面积; n 为聚落点数量; $\#[d_{\min}(i) < d]$ 表示在以点 i 为圆心, d 为半径的圆区域内的点的数量。 $K(d)$ 为观测值, 当观测值 (ObservedK) > 预期值 (ExpectedK), 代表聚落在空间分布上呈聚集分布状态; 当观测值 (ObservedK) < 预期值 (ExpectedK), 表示聚落呈离散分布。

2.4 聚耕比指数

为了研究北川聚落与耕地之间的协调关系, 采用格网的方式研究聚耕比指数^[5]: 落入每个格网内的聚落面积与耕地面积的比值, 模型公式如下:

$$J = \frac{S_{\text{聚落}}}{S_{\text{耕地}}} \quad (3)$$

式中: J 为格网聚耕比空间指数; $S_{\text{聚落}}$ 为单元格网内的聚落面积; $S_{\text{耕地}}$ 为单元格网内的耕地面积; J 越大, 表示格网内聚落面积越大, 耕地资源越稀少, 即人多地少型; J 值越小, 表明格网内耕地资源丰富, 即地多人少型。

将研究区按照 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ 格网分割, 统计每个格网的耕地面积与聚落面积, 计算每个栅格单元的聚耕比指数。

2.5 局部空间自相关

局部空间自相关指数, 即 LISA (local indicators of spatial association), 用来分析不同空间位置上可能存在的空间集聚模式^[14], 从而识别出研究数据之间的空间同质或异质程度。LISA 主要利用与邻近地区的空间形态比较, 找出其形态相似或相异的地区来定义群聚地区, 并以区域型相关分布图表示。空间位置为 i 的 LISA 计算方法参考已有研究^[10, 15-17], 具体公式如下:

$$I_i = \frac{n(x_i - \bar{x}) \sum_j w_{ij}(x_j - \bar{x})}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} = \frac{nz_i \sum_j w_{ij}z_j}{z^T z} \\ = z_i^T \sum_j w_{ij}z_j^T \quad (4)$$

式中: z_i^T, z_j^T 是对观测值的平均; w_{ij} 是空间位置 (i, j) 的空间权重矩阵, $w_{ij} = 1$ 表示 i 与 j 相邻, 而 $w_{ij} = 0$ 表示不相邻。

LISA 散点图用来表示空间数据分布的稳定性与异常性^[18], 观测值与空间滞后变量值之间的关联关系以坐标中的散点形式表现^[19], 分为 4 个象限: 高-高 (H-H) 聚集、低-高 (L-H) 聚集、高-低 (H-L) 聚集和低-低 (L-L) 聚集, 分别表示高值

被高值所在空间包围; 低值被高值所在空间包围; 高值被低值所在空间包围以及低值被低值所在空间包围。

3 结果分析

3.1 乡村聚落空间分析

3.1.1 乡村聚落聚集程度分析

运用核密度法分析北川乡村聚落空间聚集特征 (图 2)。研究区乡村聚落分布密度最大为 39.56 个/km^2 , 最小为 0.13 个/km^2 。聚落分布较密集的区域在北川震后新县城所在区域永昌镇与安昌镇及周边、位于县域西北部的片口乡与小坝乡、中部禹里乡等区域。青片乡、白石乡、开坪乡属于聚落分布密度低值区, 农村聚落布局稀疏, 其他区域聚落分布密度较均匀, 密度为 $6 \sim 15 \text{ 个/km}^2$ 。

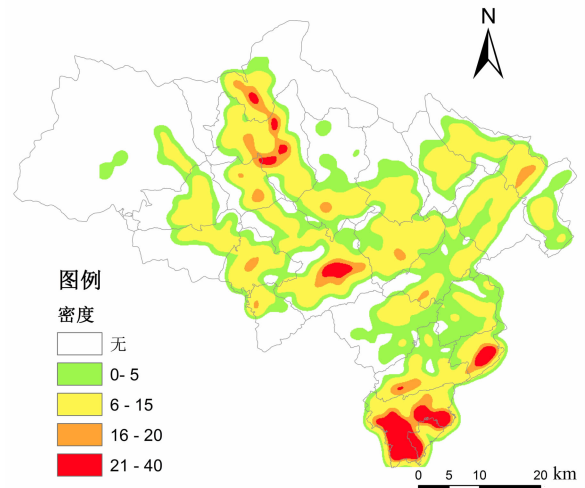


图2 研究区聚落核密度图

Fig. 2 The nuclear density map of rural settlements

由北川县聚落斑块标准差椭圆 (图 3) 椭圆率分布范围 ($0.37 \sim 0.78$) 发现, 研究区聚落带状分布明显, 多数聚落沿河谷稀疏分布。分布较均匀区域为东南部安昌镇与永昌镇所在区域与河流交汇处, 其它乡镇聚落带状分布特征明显, 聚落条带最长为 6.72 km , 最窄为 1.73 km , 北川 70% 乡村聚落分布呈细长条带状, 且多以散居形式为主。

3.1.2 聚落聚集尺度规模分析

从聚落空间分布的观察值和随机模拟线 (图 4) 可发现, 观测值 (ObservedK) 线值皆大于随机模拟值 (ExpectedK), 聚落从半径 2000 m 开始有聚集特性,

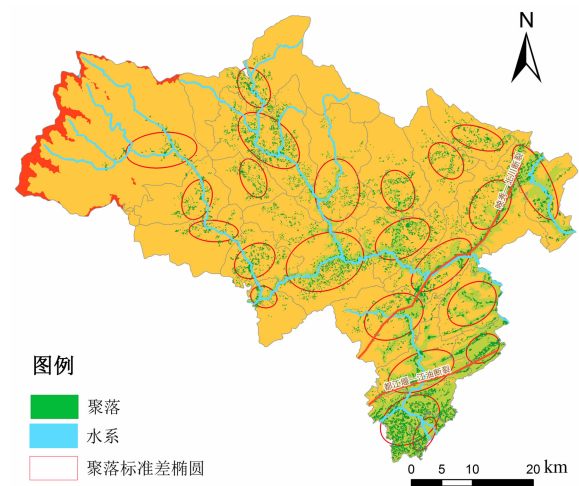


图 3 研究区聚落标准差椭圆

Fig. 3 The standard deviation ellipse map of rural settlements

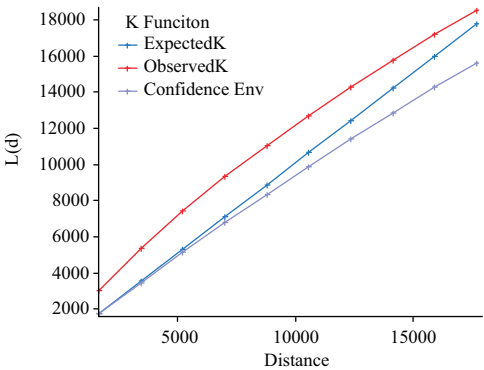


图 4 聚落 Ripley's K 函数图

Fig. 4 The Ripley's K map of rural settlements

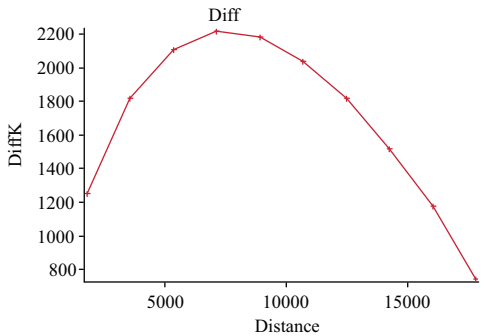


图 5 观察值与模拟值差图

Fig. 5 Difference between observed and simulated values

但通过图 5 比较实际值与随机模拟的差异,可发现差异程度(diff)在半径 7000 m 左右时最高,之后又逐渐倾向随机分布。

3.2 聚落与耕地在数量与质量上的空间耦合关系

3.2.1 聚落与耕地数量关系分析

聚耕比表示了人口与耕地间的关系。聚耕比各

级指数如表 1 所示。北川县单元格网聚耕比指数空间分布呈东高西低的趋势(图 6),聚耕比较高的栅格单元主要分布于北川新县城所在区域、安昌河谷下游与湔江下游河谷区域,占整个聚落区域的 20.31%,聚耕比较低的区域占 3.12%,主要分布在贯岭乡,坝底乡以西区域,其他区域多为人地协调性。

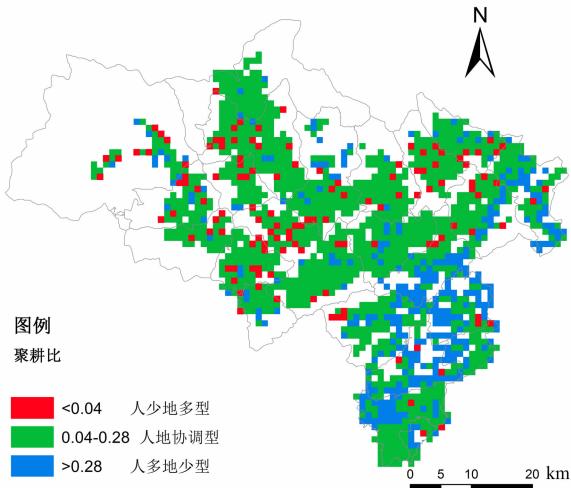


图 6 基于格网的聚耕比指数空间分布图

Fig. 6 The map of ratio of settlements area to the cropland area

表 1 聚耕比指数

Tab. 1 The ratio of settlements area to the cropland area

聚耕比指数	意义
<0.04 (世界人均建设用地面积(83 m ²)/世界人均耕地面积(1920 m ²))[1,20-21]	表示格网内聚落人口相对较少,耕地较多;
≥0.04, 且 <0.28	表示格网内聚落与耕地分布相对均衡,人地矛盾不突出;
≥0.28 (我国新型城镇化建设规定的农村人均建设用地范围(150 m ²)/世界粮农组织规定的人均耕地警戒线(533 m ²))	即人多地少,表现为显著的人地矛盾。

3.2.2 聚落与耕地质量的空间关系

采用局部空间自相关指数 LISA 分析北川县域耕地质量空间相关性^[22]。首先,采用基于距离的空间权重方式(K-近邻,邻居数=4)构建空间权重矩阵;第二,以图斑为评价单元,按照公式(4),计算图斑属性值(国家自然等指数)的空间相关性,生成耕地高/低聚类空间分布图(如图 7 所示)与空间自相关离散点图(如图 8 所示)。

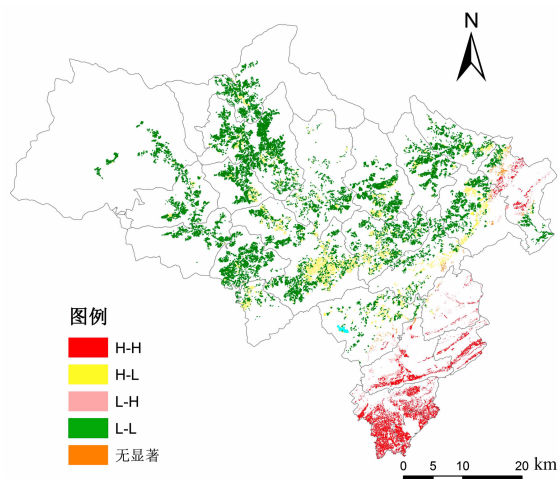


图7 耕地国家自然等指数 LISA 集聚图

Fig. 7 The LISA map of natural equal index

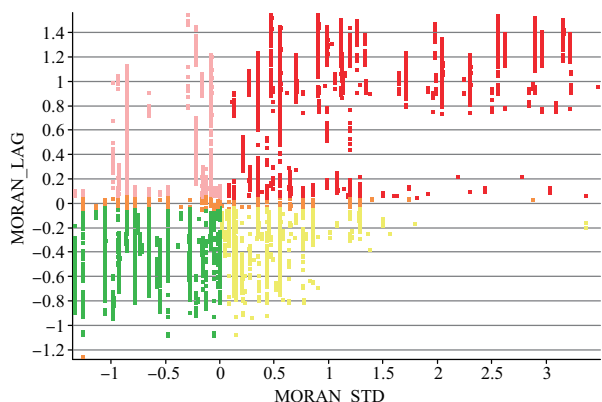


图8 耕地国家自然等指数散点图

Fig. 8 Moran's I scatter plot of national natural level index

由图7、8分析发现,LISA值均高于0.5,耕地质量空间分布相关性显著(P 假设=0.005),表明耕地质量具有空间聚集性。空间显著聚集点出现在,H-H聚集区与L-L聚集区,如图7所示。高-高与低-低质量聚集性耕地占耕地面积的79%,其中高-高聚集主要分布桂溪乡、永安镇、香水乡、安昌镇与永昌镇等区域,低-低聚集区呈团一片状位于县域北部区域,主要包括:开坪乡、白坭乡、青片乡、小坝乡等乡镇,多为耕地低等级地。其他高-低、低-高、不显著区域占21%。高等级耕地大多位于河谷两侧台阶区域,低等级耕地主要位于坡度较高区域。

4 结论与讨论

本研究利用地理信息空间指数,刻画了北川县

聚落空间分布特征,研究了聚落与耕地数量、质量在空间上的耦合关系,得出以下结论:

(1)北川县村落属于典型的山地聚落,县城及周边区域为平原聚落,呈团块状分布特点,为小型区域型聚落分布;位于县域西北部及中部的少数高密度聚集区,如中部禹里乡(1952年以前北川县城所在地)^[23]虽也呈聚集模式,但多以坡地农村聚落、台阶地聚落为主。大多数聚落呈条带状沿河谷两侧分布,聚落空间分布受地形影响较大。由于北川县地形属于四川盆地-盆周山区,以高山-中高山为主,地势由东南向西北递增,因此研究区聚落较平原地区乡村聚落密度低,多以坡地乡村聚落、平行于等高线的台阶式聚落为主^[24]。

(2)根据Ripley's K函数分析得出,北川县聚落半径7 km左右聚集性明显,7 km之外又呈松散特性。聚落小尺度聚集性不明显,须放大到较大尺度才能观察到聚集性^[10]。整体上看,北川县聚落呈离散性空间分布。

(3)聚耕比指数表示了人口与耕地数量上的耦合关系^[25]。由聚耕比看出,北川县由于人口较少,多数地区人地矛盾并不突出,但靠近县城及周边地区虽地势较为缓和,人地矛盾突出,主要因为该区域人口较密集,耕地相对较少。岷江上游河谷地区如青片乡与桃龙藏族乡,聚耕比系数较低,通过调查发现,该区域人口以藏族、羌族^[26]为主,人口密度低,聚落空间分散系数较大,耕地相对较多,但该区域海拔较高且地形起伏大,并不利于农业生产。其他乡镇如禹里乡、白坭乡等乡镇耕地虽然在耕地数量上矛盾相对缓和,但区域地形仍属于中山、中高山区域^[27],大多以坡耕地为主,农业活动受很大限制。整体分析,北川县耕地质量较低,耕地国家等别以9、10等地为主,且多以坡耕地为主,耕作条件较差,人地矛盾突出。

(4)从耕地质量上分析,虽然北川县耕地质量总体偏低,但耕地质量空间同质性较好。高-高聚集区:如安昌镇、永昌镇等乡镇,这些区域地势平坦,交通网络发达,灌溉与排水条件较好,且处于居民地密集区域,利于农田劳作,便于机械化管理,耕地的投入产出效益较高,同时这些区域耕地质量相对较高且连片,土地整理潜力较高,利于后期的集约化生产与土地流转;北川县耕地质量低-低聚集区分布较广,占耕地总量的51%,该区域内耕地地形起伏

较大,灌溉条件较差、地表出露明显,且较多为坡耕地。高-低与低-高聚集区的耕地主要分布于高等级耕地与低等级耕地之间的过渡带。整体上分析,北川县域耕地质量空间正相关性显著,空间变异性较低^[28],无论高质量耕地还是低质量的耕地皆呈连续的团状与片状,耕地规模化开发与整理潜力较高。较高等级耕地可实施整体开发与土地整理,低质量耕地尤其是坡耕地,可适宜的实施退耕还林。

在未来北川县聚落及耕地空间重构中,山区高海拔零散聚落应适时的通过拆旧、迁移、合并和建新等方式引导布局于低海拔地区,形成若干个成规模的群体性聚落,如以小坝乡、禹里乡为中心的规模性农村聚落;对于耕作条件较差的区域,尤其是坡度 $> 25^{\circ}$ 的坡耕地,伴随农村聚落的变迁,有计划地实施退耕还林;北川南部区域耕地等别较高且连续分布的区域,可通过集约化生产的方式,提高土地利用效率。整体上看,北川县域耕地较少,坡耕地较多,可大力发展山区林业经济。通过对北川县聚落与耕地之间的空间耦合关系研究,揭示了山区人地—数量及质量关系,有助于山区聚落的优化与耕地的开发整理及保护。

参考文献 (References)

- [1] 马利邦,田亚亚,郭晓东,等. 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[J]. 自然资源学报, 2018, **33**(5): 775 - 787. [MA Libang, TIAN Yaya, GUO Xiaodong, et al. Spatial-temporal change of rural settlements and its spatial coupling relationship with water and soil resources based on grid in the Hexi Oasis[J]. Journal of Natural Resources, 2018, **33**(5): 775 - 787]
- [2] DA CUNHA E R, BACANI V M, PANACHUKI E. Modeling Soil Erosion Using Rusle and Gis in a Watershed Occupied By Rural Settlement in the Brazilian Cerrado[J]. Natural Hazards, 2017, **85**(2): 851 - 868.
- [3] GIRVETZ E H, THORNE J H, BERRY A M, et al. Integration of Landscape Fragmentation Analysis Into Regional Planning: a Statewide Multi-scale Case Study From California, Usa [J]. Landscape and Urban Planning, 2008, **86**(3): 205 - 218.
- [4] FRONDONI R, MOLLO B, CAPOTORTI G. A landscape analysis of land cover change in the Municipality of Rome (Italy): spatio-temporal characteristics and ecological implications of land cover transitions from 1954 to 2001 [J]. Landscape & Urban Planning, 2011, **100**(1): 117 - 128.
- [5] 甘彩红,李阳兵,陈萌萌. 基于坡耕地与聚落空间耦合的三峡库区腹地奉节县人地关系研究[J]. 地理研究, 2015, **34**(7): 1259 - 1269. [GAN Caihong, LI Yangbing, CHEN Mengmeng. Man-land relationship of Fengjie county in the Three Gorges Reservoir Area based on coupling comparison of sloping cultivated lands and settlements [J]. Geographical Research, 2015, **34**(7): 1259 - 1269]
- [6] 李智,张小林,李红波,等. 江苏典型县域城乡聚落规模体系的演化路径及驱动机制[J]. 地理学报, 2018, **73**(12): 1 - 17. [LI Zhi, ZHANG Xiaolin, LI Hongbo, et al. Evolution paths and the driving mechanism of the urban-rural scale system at the county level: taking three counties of Jiangsu province as an example [J]. ACTA Geographica Sinica, 2018, **73**(12): 1 - 17]
- [7] 王会豪,任平,张智波. 基于地形起伏度的耕地与聚落耦合关系演变研究——以都江堰市为例[J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2017, **40**(4): 536 - 543. [WANG Huihao, REN Ping, ZHANG Zhibo. Research on the development of the coupling relationship between cultivated lands and settlements based on relief amplitude; take the case of dujiangyan city [J]. Journal of Sichuan Normal University (Natural Science), 2017, **40**(4): 536 - 543]
- [8] 商馨莹. 基于标准差椭圆法分析农村居民点分布特征——以淮南市潘集区为例[J]. 农村经济与科技, 2018, **29**(9): 244 - 246. [SHANG Xinying. Analysis of distribution characteristics of rural residents based on standard deviation elliptical method [J]. Rural Economy and Science-technology, 2018, **29**(9): 244 - 246]
- [9] 吴嘉逸,席唱白,苑振宇,等. 核密度法的南京苏果超市分布热点探测[J]. 测绘科学, 2017, **42**(11): 68 - 73. [WU Jiayi, XI Changbai, YUAN Zhenyu, et al. Hotspot detection of Suguo stores in Nanjing city supported by kernel density estimation [J]. Science of Surveying and Mapping, 2017, **42**(11): 68 - 73]
- [10] 刘磊. 基于“簇—群”联结的传统村镇风貌解析与修复——以荆紫关镇为例[J]. 世界地理研究, 2018, **27**(6): 158 - 167. [LIU Lei. Analysis and restoration of traditional villages and towns based on “cluster-group” connection—taking Jingziguan town as an example [J]. World Regional Studies, 2018, **27**(6): 158 - 167]
- [11] 熊俊楠,赵云亮,程维明,等. 四川省山洪灾害时空分布规律及其影响因素研究[J]. 地球信息科学学报, 2018, **20**(10): 1443 - 1456. [XIONG Junnan, ZHAO Yunliang, CHENG Weiming, et al. Temporal-spatial distribution and the influencing factors of mountain-flood disasters in Sichuan province [J]. Journal of Geo-Information Science, 2018, **20**(10): 1443 - 1456]
- [12] 国安东,李永化,杨俊. 基于多距离空间聚类的城市建筑景观时空分异研究[J]. 测绘通报, 2017, (2): 102 - 105. [GUO Andong, LI Yonghua, YANG Jun. Research on spatial and temporal differences of urban architectural landscape based on Multi-distance spatial cluster [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2017, (2): 102 - 105]
- [13] 闫庆武,卞正富. 基于 GIS-SDA 的居民点空间分布研究[J]. 地理与地理信息科学, 2008, **24**(3): 57 - 61. [YAN Qingwu, BIAN Zhengfu. Study on distribution patterns of settlements based

- on GIS-SDA [J]. Geography and GEO-INFORMATION Science, 2008, **24**(3): 57–61]
- [14] HAGEN-ZANKER, ALEX. An improved Fuzzy Kappa statistic that accounts for spatial autocorrelation [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2009, **23**(1): 61–73.
- [15] 张哈, 赵小敏, 欧阳真程, 等. 基于空间自相关的耕地质量空间差异特征及耕地保护分区——以江西省上高县为例[J]. 水土保持研究, 2018, **25**(1): 304–312. [ZHANG Han, ZHAO Xiaomin, OUYANG zhencheng, et al. Spatial disparity features and protection zoning of cultivated land quality based on spatial autocorrelation—a case study of Shanggao County, Jiangxi province [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2018, **25**(1): 304–312]
- [16] 韩桃利, 郭悦, 许文波, 等. 2008—2017 年中国大陆手足口病空间聚集性分析[J]. 病毒学报, 2018, **34**(5): 534–542. [HAN Taoli, GUO Yue, XU Wenbo, et al. Spatial clustering of hand, foot and mouth disease in mainland China from 2008 to 2017 [J]. Chinese Journal of Virology, 2018, **34**(5): 534–542]
- [17] 杨建宇, 张欣, 徐凡, 等. 基于 TOPSIS 和局部空间自相关的永久基本农田划定方法[J]. 农业机械学报, 2018, **49**(4): 172–180. [YANG Jianyu, ZHANG Xin, XU Fan, et al. Designation method of permanent basic farmland based on Topsis and local spatial autocorrelation [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, **49**(4): 172–180]
- [18] 王雪青, 陈媛, 刘炳胜. 中国区域房地产经济发展水平空间统计分析——全局 Moran's I、Moran 散点图与 LISA 集聚图的综合研究[J]. 数理统计与管理, 2014, **33**(1): 59–71. [WANG Xueqing, CHEN Yuan, LIU Bingsheng. Exploratory spatial data analysis about the development level of the regional real estate economy in China—the research based on global Moran's i, Moran scatter plots and LISA cluster map [J]. Application of Statistics and Management, 2014, **33**(1): 59–71]
- [19] 叶阿忠, 陈生明, 冯烽. 服务业集聚和经济增长对我国城镇化影响的实证研究——基于半参数空间滞后模型[J]. 运筹与管理, 2015, **24**(3): 205–211. [YE Azhong, CHEN Shengming, FENG Feng. Empirical study on the space effect of service industry agglomeration and economic growth on China's Urbanization—based on semi-parametric spatial LAG model [J]. Operations Research and Management Science, 2015, **24**(3): 205–211]
- [20] 中国城市规划设计研究院. 城市用地分类与规划建设用地标准: GB50137—2011[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010. [China Academy of Urban Planning and Design. Code for classification of urban and rural land use and planning standards of development land: GB50137 – 2011 [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2010]
- [21] 谈明洪, 李秀彬. 世界主要国家城市人均用地研究及其对我国的启示[J]. 自然资源学报, 2010, **25**(11): 1813–1822. [TAN Minghong, LI Xiubin. Characteristics of urban land per capita of major countries in the world and its implications for China [J]. Journal of Natural Resources, 2010, **25**(11): 1813–1822]
- [22] 芦艳艳, 樊雷, 刘桢. 基于土地利用系数修正的土地整治重大项目区耕地质量等别评价——以河南省延津县为例[J]. 地域研究与开发, 2018, **37**(5): 147–151. [LU Yanyan, FAN Lei, LIU Zhen. Cultivated land quality evaluation of land consolidation major project based on land use coefficient correction method: major project of Yanjin county, Henan province [J]. Areal Research and Development, 2018, **37**(5): 147–151]
- [23] 陈玉堂. 从地名的变迁看藏东茶马古道“东大路”的族群互动[J]. 西藏大学学报(社会科学版), 2015, **30**(3): 115–119, 136. [CHEN Yu tang. A research of the interaction of the ethnic groups on the "East road" of the ancient Tea-Horse road in East Tibet from the perspective of place Name changes [J]. Journal of Tibet University, 2015, **30**(3): 115–119, 136]
- [24] 刘延国, 廖彦淞, 王青, 等. 岷江上游山区聚落生态位与土壤侵蚀的空间分布关系研究[J]. 中国水土保持, 2018, **434**(05): 45–50, 69. [LIU Yanguo, LIAO Yansong, WANG Qing, et al. The relationship of spatial distribution between mountain settlement niche and soil erosion in the upper reaches of Minjiang River [J]. Soil and Water Conservation in China, 2018, **434**(5): 45–50, 69]
- [25] ZHANG B L, JIANG G H, CAI W M, et al. Productive functional evolution of rural settlements: analysis of livelihood strategy and land use transition in eastern China [J]. Journal of Mountain Science, 2017, **14**(12): 2540–2554.
- [26] 熊梅, 黄利利. 羌族传统村落的地理分布与空间结构[J]. 西南石油大学学报(社会科学版), 2017, **19**(6): 50–56. [XIONG Mei, HUANG Lili. Geographical distribution and spatial structure of traditional qiang People villages [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Social Sciences Edition), 2017, **19**(6): 50–56]
- [27] 程维明, 高晓雨, 马廷, 等. 基于地貌分区的 1990—2015 年中国耕地时空特征变化分析[J]. 地理学报, 2018, **73**(9): 1613–1629. [CHENG Weiming, GAO Xiaoyu, MA Ting, et al. Spatial-temporal distribution of cropland in China based on geomorphologic regionalization during 1990–2015 [J]. ACTA Geographica Sinica, 2018, **73**(9): 1613–1629]
- [28] SZABÓ S, BETALAN L, KERÉKES A, et al. Possibilities of land use change analysis in a mountainous rural area: a methodological approach [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2015, **30**(4): 708–726

The Spatial Coupling Relationship between Rural Settlements and Cultivated Land-A Case Study of Beichuan County, China

WU Fengqiang¹, WANG Qing^{1*}, MO Caijian¹, ZOU Qiang²

(1. College of Resources and Environment, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, Sichuan 621010, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 610041, China)

Abstract: The relationship between the settlements and the cultivated lands in mountainous area can reflect the human-land relationship and guide settlement immigration, expansion and reconstruction. A better understanding on the spatial relationship between the settlements and the cultivated lands is also of great significance to the settlements reconstruction and cultivated lands development. In this study, the kernel density analysis, LISA and Ripley's K function were applied to explore the spatial distribution characteristics in Beichuan County. The results showed that: (1) The settlements of Beichuan County were typical mountain settlements, most of these settlements were small-scale group settlements or individual settlements. Particularly, these settlements belonged to stepped settlements because of terrain driving factor. (2) Based on the analysis of Ripley's K function, the aggregation radius of the Beichuan settlements was about 7 km. It made the aggregation characteristics of the small-scale settlements less obvious, and most of the settlements were scattered. (3) The spatial distribution of the Beichuan settlements was closely associated to the cultivated lands. There were noticeable differences in the ratio of the settlement area to the cultivated land area, showing increasing trend from northwest-to-southeast direction. (4) Despite the poor quality of the cultivated lands in Beichuan County, the lands were distributed with good homogeneity. Both the high-quality cultivated lands and the low-quality cultivated lands showed obvious spatial aggregation characteristics respectively, which made it possible to the cultivated lands based on large-scale, intensive and mechanized production. The characteristic of this paper was not only to analyze the quantitative relationship between settlements and the cultivated land, but also to analyze the quality relationship between them. These related results can provide scientific data support for solving contradiction between settlement construction and cultivated lands in mountainous area.

Key words: nuclear density; local spatial autocorrelation; settlements