

乌蒙山区建设用地密度空间分异特征及其影响因素

付星基¹, 尹晓媛¹, 余建新^{1,2}, 王 猛³, 陈镜宇¹, 孙高峰¹, 李建华^{1,2}

(1. 云南农业大学 水利学院, 昆明 650201; 2. 云南农业大学 国土资源科学技术工程研究中心, 昆明 650201; 3. 云南农业大学 资源与环境学院, 昆明 650201)

摘 要: 为了研究乌蒙山区建设用地密度空间分异特征及其影响因素, 首先以 2015 年 Landsat-8 影像作为遥感数据来源提取乌蒙山区建设用地信息, 以建设用地密度为观测值, 采用 GeoDa 软件对乌蒙山区建设用地分布进行自相关性分析, 研究了乌蒙山区建设用地在空间上的分异特征以及局部聚集(孤立)和局部异常; 后分别基于 SRTMDEM 90 m 分辨率原始高程数据和云南省、贵州省和四川省 2015 年统计年鉴等资料提取了海拔、坡度、地形起伏度、地表粗糙度 4 种自然因素与经济和人口等社会经济因素, 并进一步对建设用地高密度聚集 HH 区面积大小划分出的 5 种县域进行了统计分析。结果显示: (1) 乌蒙山区建设用地的空间分布呈空间正相关性, 其自相关强度随着阈值距离的增加而减弱。(2) 乌蒙山区建设用地密度空间分异特征在空间上有明显的差异性。(3) 乌蒙山区建设用地密度分布受坡度、地形起伏度和地表粗糙度等自然因素和 GDP、人口密度和三大产业占比等社会经济因素的影响。

关键词: 乌蒙山区; 建设用地; 空间自相关

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2018)03-0346-08

Spatial Variation Characteristics of Construction Land Density and Its Influencing Factors in Wumeng Mountain Area

FU Xingji¹, YIN Xiaoyuan¹, YU Jianxin^{1,2}, WANG Meng³,

CHEN Jingyu¹, SUN Gaofeng¹, LI Jianhua^{1,2}

(1. College of Water Conservancy, Yunnan Agricultural University, Kunming 650210, China;

2. Engineering Research Center of Science and Technology of Land and Resources, Yunnan Agricultural University,

Kunming 650210, China; 3. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming 650210, China)

Abstract: The paper aimed to study the spatial variation characteristics of construction land density and its influencing factors. Firstly, Extracted information of Construction land from Landsat-8 images of 2015 remote sensing data, Taking the density of construction land as the observation value to analyze the Global Spatial Autocorrelation of the construction of Wumeng Mountain Land in different scales, The Global Spatial Autocorrelation analysis reveal that construction Wumeng Mountain Land with spatial autocorrelation. The local spatial autocorrelation analysis reveals the local aggregation and local anomaly of the construction land. Secondly, Based on SRTMDEM 90 m resolution Original elevation data, Landsat China inland water information products and Statistical Yearbook of 2015 in Yunnan Province, Guizhou Province and Sichuan Province extract elevation, slope, topographic relief, surface and roughness 4 natural factors and economy, population and other socio-economic factors. then statistical analysis was made on five grades counties at 0.05 significant level. The results indicated that: (1) spatial autocorrelation degree of the distribution of Wumeng Mountain construction land reduced as the increasing of the threshold value; (2) spatial differentiation characteristics of distribution of Wumeng Mountain construction land was obvious difference in space; (3) the distribution of Wumeng Mountain construction land affected by slope, topographic relief, surface and roughness of natural factors and GDP, population density and three major industries of socio-economic factors.

Keywords: Wumeng Mountain Region; construction land; spatial autocorrelation analysis

近年来,伴随着社会、经济的快速发展,建设用地不断扩张,耕地面积逐渐减少,人地矛盾日益突出。建设用地作为人类社会经济活动的主要载体,其空间分布是各种自然、人文因素综合作用的结果^[1],所以研究建设用地的空间分布,对于全面认识建设用地,指导土地利用,缓解人地矛盾有着重要意义。由于空间自相关的客观存在^[2],自2003年Overmars首次将空间自相关分析用于土地利用研究伊始,地理现象的空间自相关特征越来越受到研究者的关注,焦利民等^[3]以标准化基准地价为观测变量,运用Moran指数分析城镇地价的局部聚集特征;谷建立等^[2]以行政村土地利用变量为基础,分析了县域尺度土地利用空间自相关格局;谢保鹏等^[4]选择城镇工矿用地经济密度为观测值,运用Moran指数剖析城镇工矿用地经济密度的区域差异和动态演变格局。随着研究方法的不断改进,这些研究为转型期城镇建设用地的空间布局优化提供了良好基础。

自然因素和社会经济因素在建设用地的形成过程中起到主导推动作用^[5-9]。建设用地空间自相关不仅表现在空间位置的变化,也表现在自然因素与社会经济因素的变化。因此,结合自然因素与社会经济因素来研究建设用地,不仅能够揭示建设用地在空间上的分布规律,也可以进一步探究建设用地与自然因素、社会经济因素之间的耦合关系,为乌蒙山区精准扶贫提供理论依据。本文通过运用全局空间自相关和局部空间自相关方法,分析了乌蒙山区建设用地空间自相关性特征,明确了乌蒙山区建设用地密度的空间建设用地密度空间分异特征和建设用地局部聚集(孤立)和局部异常的具体空间位置;并选取其中的建设用地高密度聚集HH区为研究重点区域,以各县中建设用地高密度聚集HH区面积为划分指标把乌蒙山区分成5个等别,然后以分区统计的方法分析不同等别县的自然因素与社会因素对建设用地高密度聚集HH区分布的影响。以期正确认识乌蒙山区建设用地与自然因素和社会经济因素之间的关系提供科学依据。

1 研究区概况

乌蒙山区即乌蒙山集中连片特殊困难地区,地理坐标为东经102°52′—106°43′、北纬24°19′—29°56′。国土总面积为10.7万km²,行政区划包括云南15个县(市、区)、贵州省10个县(市、区)、四川省13个县共计38个县(市、区)。截至2015年,乌蒙山区常住人口1900多万人,其中城镇人口599万,城镇化率约为32%,远低于全国城镇化率56.1%。全区全年生产总值共计3115亿元,人均生产总值16397元,仅为全国水平32.9%。其地势东北低而西南高,海拔从220~4732m,平均海拔1810m,最低海拔位

于四川省宜宾、泸州一带,仅220m,最高海拔位于滇东北山地,高达4732m。其地貌从低盆地、中盆地、高盆地、喀斯特峰丘、低山、低中山、喀斯特低中山、中山、喀斯特中山、高中山、中高山、高山沿等高线呈现阶梯分布,中亚地带、北亚地带、南温带、中温带、北温带、高原气候区6个气候带垂直分布。区内地形地貌多样、矿产资源丰富、气候类型繁多。

2 数据与研究方法

2.1 研究数据

主要数据来源:(1)美国国家航空航天局(NASA)landsat-830m分辨率影像数据;(2)美国国家航空航天局(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合测绘的SRTMDEM 90m分辨率原始高程数据;(3)云南省、贵州省和四川省2015年统计年鉴。

2.2 研究方法

本文研究方法主要为监督分类、空间自相关和区域统计3种方法,首先以监督分类提取乌蒙山区建设用地,分析乌蒙山区建设用地分布特征,然后以空间自相关分析乌蒙山区建设用地的空间自相关性和建设用地密度空间分异特征,最后以区域统计的方法探究自然因素、社会经济因素对乌蒙山区建设用地空间分异的影响机理。

2.2.1 监督分类 监督分类,又称为训练分类,即用已经确认类别的样本像元去识别其他未知类别像元的过程。首先在遥感影像上对每一种类别选取一定数量的训练区,然后通过计算,将每个像元和训练样本作比较,按照不同划分规则将每个单元划分到不同种类单元中^[10]。监督分类常用的算法有最小距离分类、马氏距离分类、Parallepipe、神经元网络分类、模糊分类、Fisher判别分类,最大似然法等方法。最大似然法是监督分类中最常用的方法。

2.2.2 空间自相关 空间自相关分析一般包括两全局自相关和局部自相关两种方法。

(1)全局自相关(Spatial autocorrelation analysis)是用于描述某种现象在空间的分布情况,以判断该现象是否在空间上有聚集现象存在。衡量全局空间自相关的指标主要有全局Moran's I指数、全局Getis's G指数和全局Geary's C指数,其中最常用的是全局Moran's I指数^[11]:

$$\text{Moran's } I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (i \neq j) \quad (1)$$

其中: $S^2 = \frac{1}{n} (x_i - \bar{x})^2$, $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$

式中: n 为样本数量; x_i 和 x_j 为样本观测值; \bar{x} 为 n 个观测值的平均值; w_{ij} 为要素 i 和 j 的空间权重。空

间权重的构造一般有 Contiguity Weight, Distance Weight 和 k-Nearest Neighbors 等 3 种方法,本文选取 Distance Weight 方法构造空间权重。

依照上式所得到的 I 值介于 $[-1, 1]$, I 值大于 0 表示呈正相关,小于 0 则表示呈负相关,且 I 值越大代表相关性越高,即空间分布上呈聚集现象, I 值等于 0 代表空间分布呈随机分布。

(2) 局部空间自相关区别于仅判断某种现象在空间上是否有聚集现象的存在的全局空间自相关,它不仅可以反映局部小区域单元与相邻单元之间某种现象的相关程度,更可以进一步指出聚集发生的具体位置^[12]。

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (2)$$

$$\text{其中: } S^2 = \frac{\sum_{i=1, j \neq 1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})^2}{n-1}$$

式中: n , x_i , x_j , \bar{x} , w_{ij} 与公式(1)相同。

空间局部自相关主要包括 Moran 散点图和 LISA 分布图。其中 Moran 散点图可以用来表示每个区域与相邻区域某种属性值的相互关系,其中横轴为贝叶斯标准化用地比率,纵轴表示建设用地比率空间滞后,即相邻单位的建设用地比率;斜线表示两者的线性相关关系,斜率即 Moran's I 。纵横双轴把 Moran 散点图划分为右上的 HH(High-High)、右下 HL(High-Low)、左上 LH(Low-High) 和左下 LL(Low-Low) 4 个象限,位于 HH(LL)象限的单元表示该单元与相邻区域的属性值都较高(较低),具有空间正相关;位于 HL(LH)象限的单元表示该单元属性值较高(较低),其相邻单元属性值较低(较高),具有空间负相关。LISA 分布图是用于描述观测单元属性值与周边单元属性的相关程度^[13]。而 LISA 分布图按照区域属性值可以把整幅地图划分 NS(Not Significant)、HH、LL、LH 和 HL 共 5 种单元,进一步显示每种单元的空间位置。

2.2.3 区域统计 区域统计是一种空间分析方法,以 ArcGIS 软件中的分区统计、面积制表等功能对特定的区域进行统计分析,本文以 GeoDa 软件对乌蒙山区进行空间自相关划分出的建设用地中高密度聚集 HH 区域为重点研究对象,在建设用地 0.05 显著性水平下以县域中建设用地高密度聚集 HH 区面积大小为指标划分出的 5 类县域,然后从 SRTMDEM 90 m 分辨率原始高程数据和云南省、贵州省和四川省 2015 年统计年鉴提取海拔、坡度、地形起伏度、地表粗糙度 4 种自然因子与经济 and 人口等社会经济因素然后对 5 种类型的县域进行分区统计,根据所得

的结果分析不同县域特征,并找出导致不同种类县域建设用地发生高密度显著性聚集区分布的原因。

3 结果与分析

3.1 乌蒙山区建设用地分布特征

在 ENVI 5.1 软件的支持下,首先对乌蒙山区总计 12 幅遥感影像进行大气辐射矫正、几何矫正、坐标配准等预处理之后进行剪切、拼接,然后采用监督分类中的最大似然法对乌蒙山区遥感影像进行分类提取建设用地(包括城镇用地、农村居民点、交通用地及独立工矿用地),结果见图 1,然后归一化处理得到 38 县建设用地占乌蒙山区总建设面积百分比图(图 2)。

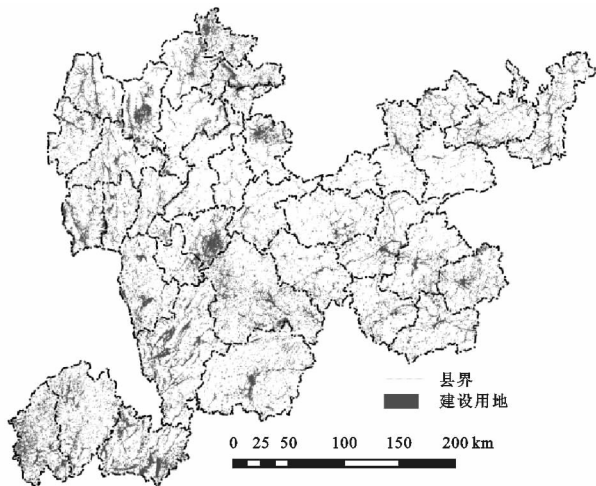


图 1 乌蒙山区建设用地分布

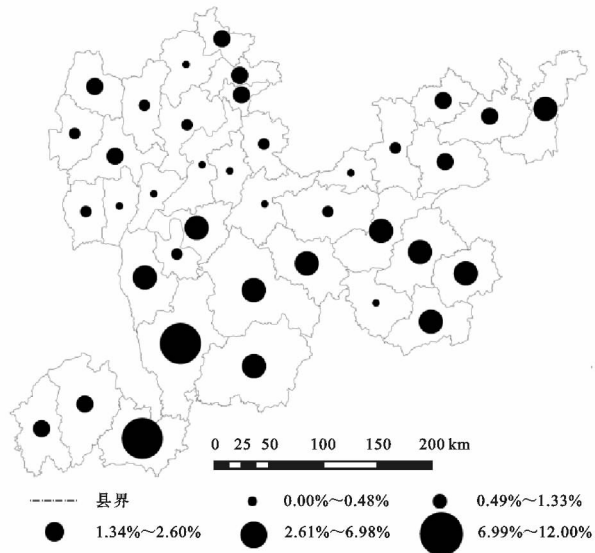


图 2 乌蒙山区建设用地百分比

图 1,图 2 所示乌蒙山区建设用地在 38 县(市、区)中分布极度不平衡,呈南高北低、西高东低的特点。其中建设面积最多的县是云南片区的寻甸县,占乌蒙山总建设面积的 11.55%;建设面积最少的县是四川片区的马边县,占乌蒙山总建设面积的 0.27%;两者相差 41 倍。建设用地多集中 12 个自身占乌蒙山区建设用

地比重超过 2% 的县域中,总计占乌蒙山区建设用地比重高达 68.46%,剩余的 26 个县占 31.54%,平均每县 1.21%,远低于平均值 2.63%。

3.2 乌蒙山区建设用地空间自相关性

(1) 全局自相关性。本文以 5 km×5 km 为基本尺

度把乌蒙山区划分为 4 648 个基本观测单元,以建设用地密度作为观测值,分别以 Threshold distance=5 000 m, 10 000 m,15 000 m,20 000 m,25 000 m 和 30 000 m 构建不同空间权重,然后利用 GeoDa 软件对乌蒙山区进行全局空间自相关分析,结果见表 1。

表 1 乌蒙山区不同尺度建设用地自相关分析 Moran's I 结果

Threshold distance/m	5000	10000	15000	20000	25000	30000
Moran's I	0.358949	0.224755	0.147479	0.110537	0.0844242	0.0672931
Z-value	34.5240	38.2518	34.6372	36.6162	34.5534	32.4158
P-value	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

注:本研究利用 GeoDA 进行计算的结果均通过 Z 检验($p\leq 0.05$)。

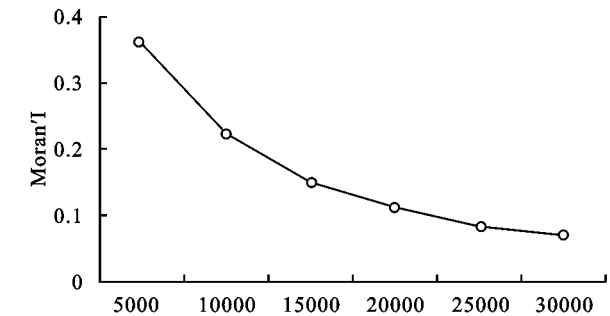


图 3 乌蒙山区不同尺度自相关分析 Moran'I 结果

由图 3 可知不同权重下乌蒙山区建设用地 Moran's I 结果均为正值, p 值等于 0.001,因此表明整个乌蒙山区建设用地的空间分布不是随机的,而是具有空间聚集性的,即建设用地呈空间自相关。建设用地密度高的地区相对的趋于和建设用地密度高的地区相邻,建设用地低密度地区相对的趋于和建设用地密度低地区相邻。而且根据图 2 可知,随着 Threshold distance—距离阈值的增加,建设用地密度地分布总体空间差异趋向缩小,建设用地的空间自相关性逐渐减弱。

(2) 局部自相关性。以建设用地密度和 Threshold distance=5 000 m 构建的空间权重运用局部空间自相关绘制 Moran 散点图(图 4)和 LISA 分布图(图 5)。

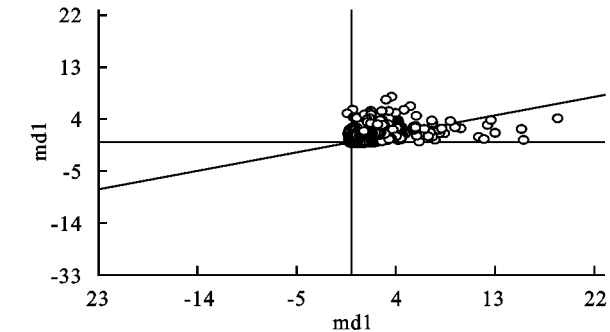


图 4 乌蒙山区建设用地自相关分析 Moran'I 散点图

根据 Moran 散点图和 LISA 分布图中不同类别单元的统计结果表明:不显著相关单元类型占 79.07%,表示该单元与其周围单元的建设用地密度空间差异程度不显著;建设用地密度显著空间正相关类型占

19.8%;其中,“HH”占 5.25%，“LL”占 14.56%，表示该单元和周围其他单元的建设用低密度均较高或较低,同一聚集类型中建设用地密度的空间差异程度显著较小;建设用地密度负相关类型占 1.12%，其中,“HL”占 0.17%，“LH”占 0.95%，表示该单元自身建设用地密度较高(或较低),而该村周围其他单元的建设用地密度较低(或较高),同一聚集类型中建设用地密度的空间差异程度显著较大。

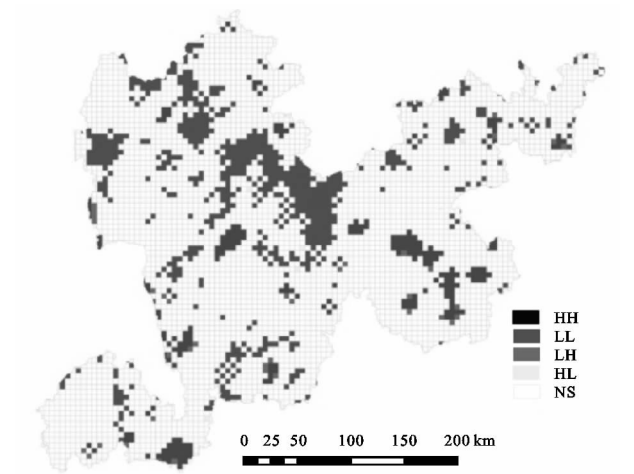


图 5 乌蒙山区建设用地自相关分析 LISA 图

LISA 分布图还表示了的不同类型单元的空间分布。据图 5 可知:建设用地密度不显著单元类别占据了乌蒙山区的大部分地区,这说明乌蒙山区大部分地区建设密度空间差异不显著;HH 建设用地高密度聚集区主要集中于云南省的寻甸县、昭阳区和会泽县与贵州的大方县、七星关区、黔西县和织金县等地;LL 建设用地低密度聚集区多位于云南省与四川省,其中以云南北部的镇雄县、彝良县尤为集中;HL (LH)建设用地密度空间负相关区单元数目较少,这些单元零散分布于落入 HH,LL 单元周围。

3.3 乌蒙山区建设用地密度空间分异特征

根据 Moran 散点图、LISA 分布图结果与乌蒙山区区县界图,利用 Excel 表格对个县(市、区)内 4 种类型土地面积进行统计,结果见表 2—5。

表 2 乌蒙山区各县 HH 地类面积汇总

云南片区		四川片区		贵州片区	
县(市、区)	HH 地类面积/km ²	县(市、区)	HH 地类面积/km ²	县(市、区)	HH 地类面积/km ²
寻甸自治县	779.79	美姑县	175.00	大方县	593.26
昭阳区	485.21	普格县	106.16	七星关区	432.74
会泽县	453.20	屏山县	79.99	黔西县	427.13
镇雄县	225.20	叙永县	75.00	织金县	333.98
宣威市	175.00	沐川县	71.21	威宁自治县	225.00
盐津县	174.49	古蔺县	45.07	习水县	200.72
巧家县	146.64	马边自治县	0	纳雍县	186.07
绥江县	70.01	布拖县	0	桐梓县	125.00
鲁甸县	64.79	昭觉县	0	赤水市	89.14
武定县	39.38	金阳县	0	赫章县	75.00
禄劝自治县	12.62	喜德县	0		
彝良县	0	越西县	0		
永善县	0	雷波县	0		
威信县	0				
大关县	0				

表 3 乌蒙山区各县 HL 地类面积汇总

云南片区		四川片区		贵州片区	
县(市、区)	HL 地类面积/km ²	县(市、区)	HL 地类面积/km ²	县(市、区)	HL 地类面积/km ²
寻甸自治县	21.05	美姑县	0	大方县	0
昭阳区	0	普格县	0	七星关区	0
会泽县	3.95	屏山县	0	黔西县	0
镇雄县	0	叙永县	0	织金县	0
宣威市	0	沐川县	0	威宁自治县	17.54
盐津县	0	古蔺县	1.14	习水县	23.86
巧家县	0	马边自治县	0	纳雍县	0
绥江县	0	布拖县	0	桐梓县	13.56
鲁甸县	0	昭觉县	17.65	赤水市	0
武定县	0	金阳县	0	赫章县	32.46
禄劝自治县	0	喜德县	0		
彝良县	0	越西县	0		
永善县	0	雷波县	25		
威信县	0				
大关县	25.00				

表 4 乌蒙山区各县 LH 地类面积汇总

云南片区		四川片区		贵州片区	
县(市、区)	LH 地类面积/km ²	县(市、区)	LH 地类面积/km ²	县(市、区)	LH 地类面积/km ²
寻甸自治县	75.67	美姑县	0	大方县	25.00
昭阳区	0	普格县	99.15	七星关区	25.00
会泽县	75.00	屏山县	0	黔西县	0
镇雄县	0	叙永县	25.00	织金县	100.00
宣威市	0	沐川县	0	威宁自治县	50.00
盐津县	100.00	古蔺县	0	习水县	50.00
巧家县	75	马边自治县	0	纳雍县	50.00
绥江县	0.16	布拖县	0	桐梓县	50.00
鲁甸县	0	昭觉县	0	赤水市	1.93
武定县	50.00	金阳县	0	赫章县	50.00
禄劝自治县	25.00	喜德县	0		
彝良县	0	越西县	0		
永善县	0	雷波县	0		
威信县	0				
大关县	0				

表 5 乌蒙山区各县 LL 地类面积汇总

云南片区		四川片区		贵州片区	
县(市、区)	LL 地类面积/km ²	县(市、区)	LL 地类面积/km ²	县(市、区)	LL 地类面积/km ²
寻甸自治县	12.13	美姑县	546.92	大方县	101.39
昭阳区	254.79	普格县	145.22	七星关区	1.11
会泽县	245.77	屏山县	56.54	黔西县	45.10
镇雄县	1303.08	叙永县	349.08	织金县	10.07
宣威市	638.58	沐川县	22.14	威宁自治县	521.86
盐津县	1097.98	古蔺县	400.14	习水县	305.58
巧家县	331.72	马边自治县	490.90	纳雍县	0
绥江县	24.65	布拖县	89.65	桐梓县	243.75
鲁甸县	210.17	昭觉县	462.65	赤水市	189.02
武定县	62.29	金阳县	202.65	赫章县	577.60
禄劝自治县	517.45	喜德县	828.93		
彝良县	1301.88	越西县	289.09		
永善县	960.37	雷波县	1130.81		
威信县	197.47				
大关县	1027.90				

由表 2—5 可知,乌蒙山区建设用地密度空间分异特征明显,高密度地区和低密度地区在空间分布上差异明显。差异性主要表现为高密度地区(HH 和 HL)的分布为贵州片区(45.89%)>云南片区(44.25%)>四川片区(9.86%),高密度地区主要集中于云南片区的寻甸县(13.24%)、昭阳区(8.02%)和会泽县(7.56%)与贵州片区的大方县(9.81%)、七星关区(7.16%)和黔西县(7.06%),占有高密度地区总面积的 52.85%;而低密度地区(LH 和 LL)则为云南片区(53.26%)>四川片区(31.87%)>贵州片区(14.87%)。低密度地区主要集中于云南片区的镇雄县(8.08%)、彝良县(8.07%)、盐津县(7.43%)、大关县(6.38%)和永善县(5.96%)与四川片区的雷波县(6.38%)、喜德县(5.14%),占有低密度地区总面积的 48.07%。

4 讨论

建设用地是一个地区人口和社会经济的承载,与社会经济密切相关,其分布主要受自然因素与社会经济因素的影响^[5-9],所以研究建设用地密度的分布规律以及其与自然、社会经济因素之间的内在联系对于发现乌蒙山区建设用地区域之间的不平衡性、探究致贫原因,为进一步实施乌蒙山区精准扶贫有着重要的意义。然而传统方法虽然可以描述建设用地分布特征,揭示高值异常(或低值异常)的空间单元,但难于识别建设用地的空间集聚与孤立。

区别于 LL 类型区的建设用地空间孤立、HL 类型区和 LH 类型区的建设用地空间异常,通过空间自

相关分析得到的 HH 类型区作为建设用地空间集聚在地理空间上的具体显现,是地形地貌适合人类生活且社会经济发展水平较高的地区,也是“扩散中心”,对于周边有很强的影响^[1]。

本文以乌蒙山区各县(市、区)中高密度聚集 HH 区的面积为划分指标把 38 个县(市、区)划分为Ⅰ(0)、Ⅱ(0~100.00)、Ⅲ(100.01~200.00)、Ⅳ(200.01~300.00)、Ⅴ(>300.01)五等县域,结果见图 6。

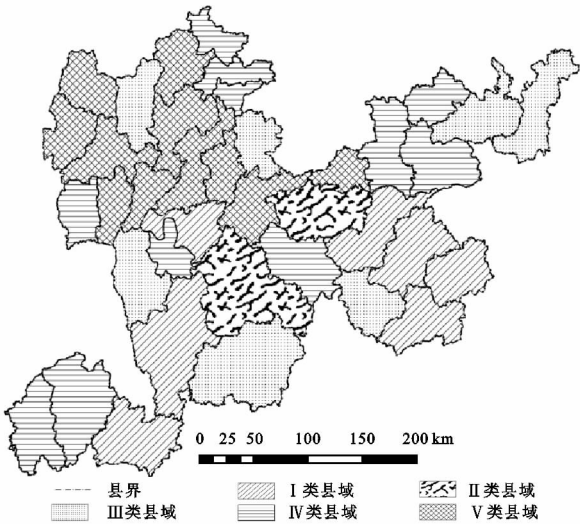


图 6 乌蒙山区县域分类

由图 6 可知,在全局范围内乌蒙山区县域级别呈东高西低、南高北低的特点,高级别县域多集中于贵州片区和云南片区,四川片区范围内多为低级别县域。这种分布情况与提取的建设用地分布情况相吻合。这表明以建设用地集聚 HH 区面积代替建设用

地面积为指标研究乌蒙山区的建设用地分布是符合实际,确实可行的。

4.1 自然因素对乌蒙山区建设用地密度空间分异的影响

在 ArcGIS 10.0 系统的支持下,根据 SRTM-DEM 90 m 分辨率原始高程数据利用空间分析工具分别提取乌蒙山区海拔、坡度、地形起伏度和地表粗糙度分布图,然后利用分区统计的方法对 5 种级别县域进行统计分析。

由表 6 可知,除海拔因素之外,5 种级别的县(市、区)随着建设密度高聚集区面积的减少平均坡度、平均起伏度和地表粗糙度整体呈上升趋势。海拔高度影响区域内的气候、植被以及人类生活和生产活动,进而影响建设用地的分布。通常认为随着海拔的升高,土地逐渐难以利用,建设用地也随之减少。但乌蒙山区平均海拔统计数据显示,从 I 类到 V 类县域,其平均海拔并无升高的趋势,其中 IV 类县域平均海拔甚至远低于其他 4 种县域。这说明,在乌蒙山区区域内,海拔并不是制约土地利用的主要影响因子。其主要原因是乌蒙山区海拔在全局范围内分布并不平衡,整体呈北低南高、东低西高的趋势,这种情况下,土地利用过程中人类难以进行远距离的迁徙,只能就近选择海拔相对低的区域而不是更远范围内的更低海拔地区。

表 6 乌蒙山区各级别县域自然因素统计

县域 级别	平均 海拔/m	平均 坡度/(°)	平均起 伏度/m	地表 粗糙度
I	1847.73	15.12	62.87	1.05
II	1742.87	16.90	70.35	1.07
III	1828.29	18.89	78.85	1.08
IV	1590.29	18.99	79.05	1.08
V	2024.32	22.50	94.66	1.11

坡度作为描述地表单元陡缓的程度的重要指标,通常被定义为坡面的垂直高度和水平距离的比值。数据显示 I 类到 V 类县域的平均坡度依次递增,且根据进一步资料统计发现 67.24% 的 HH 类型区分布于平均坡度远低于 III、IV 和 V 类县域的 9 个共占乌蒙山区总面积的 31.78% 的 I、II 类县域之中。这表明:在乌蒙山区范围内建设用地高密度集聚区的分布受坡度的影响,主要集中于低坡度区域。产生这种现象的原因是坡度对于农业耕作和人类居住的影响。随着坡度的增加,土地利用受到一定限制,尤其以农业限制最为严重,而且坡度越大越容易出现滑坡、泥石流等自然灾害,威胁人类的生产生活安全,所以人

类在选择土地利用的区域时多趋向于坡度较低地区。

地形起伏度是指在某一确定区域内最大高程与最小高程之差,是定量描述地貌形态、划分地貌类型的重要指标,反映了宏观区域内地面的起伏特征。数据显示,乌蒙山区内各县域内平均地形起伏度越小,建设用地集聚区面积越多,建设用地集聚区多趋向于平均起伏度低的地区。主要原因是地形起伏度影响道路线路的选择以及工程造价,起伏度较大的地区普遍交通落后,对人类的生产生活造成困难^[14],而且这种地区往往也是生态环境脆弱的地区,生态环境容易遭到破坏退化,人地矛盾严重,不适宜人类居住。

地表粗糙度是表示地表侵蚀程度和起伏变化等宏观特征的重要指标,为地表真实面积与投影面积比值。数据显示 I 类到 V 类县域的平均地表粗糙度整体呈上升趋势,虽然其中 III、IV 类县域地表粗糙度相等,但符合整体递增趋势。造成这种现象的原因是地表粗糙度越大,地表越粗糙,地表表面积越大,地表径流受到的阻力越大,水流冲刷越严重,水土流失程度也会越严重。严重的水土流失会造成土地肥力减退,生态失调,旱涝灾害频繁,破坏土地资源,威胁人类生产生活。

综上所述,乌蒙山区范围内海拔因素与建设用地分布之间并无显著联系,其分布主要受坡度、起伏度和地表粗糙度因素的影响。建设用地多聚集在平均坡度小、平均起伏度低、平均地表粗糙度小的县域。随着坡度、起伏度、粗糙度的升高,土地利用难度逐渐增加,人类生产生活成本增加,不易形成大型居民点,建设用地分布减少。

4.2 社会经济因素对乌蒙山区建设用地密度空间分异的影响

本文对 5 种建设用地密度级别县域类的人口密度、生产总值(亿)以及三大产业在 GDP 中所占的比例进行统计分析,结果见表 7。

表 7 乌蒙山区各级别县域社会经济因素统计

县域 级别	人口密度/ (人·km ⁻²)	平均 GDP/ 亿元	第一产业 占比/%	第二产业 占比/%	第三产业 占比/%
I	210.45	163.78	18.47	43.33	38.20
II	264.31	118.33	25.97	35.42	38.61
III	182.44	96.89	23.21	36.74	40.05
IV	156.03	61.19	23.82	41.46	34.72
V	124.86	34.64	26.07	45.75	28.18

乌蒙山区各级别县域社会经济统计数据中除平均 GDP 产值明显随县域级别的下降而下降之外,其他 5 种数据没有明显的规律性。

已有研究表明人口与经济是建设用地分布的主要

影响社会因子^[8]。虽然人口密度和平均 GDP 均整体呈逐渐下降趋势。但是其中Ⅱ类县域平均人口密度大于Ⅰ类县域,这一异常说明乌蒙山区范围中人口仍然影响建设用地的分布,但已不能成为可靠的量化指标,经济指标才是乌蒙山区建设用地分布的主要影响因素。主要原因在于虽然人口的增加必然导致对住房、交通、公共设施等需求的加强,进而影响建设用地的扩张,但对于集中连片特困区的乌蒙山区而言,经济一直都是困扰乌蒙山区发展的主要限制因素,尽管Ⅱ类县域平均人口密度超过Ⅰ类县域 25.56%,但是其平均 GDP 只占Ⅰ类县域的 72.25%,所以其建设用地集聚区面积远低于Ⅰ类县域。

从三大产业在 GDP 中占比数据来看,忽略Ⅱ类县域由于人口过多引起的数据偏差,5 种级别县域的第一产业明显呈上升趋势,第二产业和第三产业之和呈下降趋势。这表明乌蒙山区建设用地受三大产业在 GDP 之中的比值影响,多集中于第一产业比值小,二、三产业比值大的地区。主要原因是第一产业主要为种植业、林业、畜牧业、水产养殖业等直接以自然物为生产对象的行业,对于建设用地的需求远小于以加工业为主的第二产业和以服务业为主的第三产业。

综上所述,建设用地受社会因素中 GDP、人口密度和三大产业占比影响。多分布于 GDP 较高、人口密度较大、第一产业占比较小、第二、三产业占比较大的县域。这类县域相对繁荣,服务业发达,生产生活成本较低、适合人类居住,所以建设用地高度聚集。

5 结论

(1) 通过全局空间自相关分析表明,乌蒙山区建设用地的空间分布呈空间正相关性,其自相关强度随着阈值距离的增加而减弱。通过局部自相关得知,乌蒙山区建设用地密度分布并不均衡,有局部高密度聚集、局部低密度聚集和局部密度异常 3 种情况,而且 3 种类型在空间上的位置及范围差异很大。

(2) 乌蒙山区建设用地密度空间分异特征明显,高密度地区和低密度地区在空间分布上差异明显。高密度地区主要集中于贵州片区和云南片区,低密度地区主要集中于云南片区和四川片区。

(3) 通过自然因素与社会因素统计分析,自然因素中的坡度、地形起伏度和地表粗糙度,社会因素中的 GDP 产值、人口密度和第三产业对乌蒙山区建设用地密度的空间分布有着重要的影响。

此外,本研究先以 5 km×5 km 单元在不同尺度

下进行全局空间自相关分析,后在阈值等于 5 km 时进行局部空间自相关分析,该结果是否会随研究单元的大小和阈值的变化而产生差异,何种研究单元大小、何种阈值下进行研究更加科学,尚需进一步探究。而且本研究通过建设用地集聚区面积代替建设用地面积对乌蒙山区进行的分析较为简单,由于资料收集不足仅选取部分自然因子与社会经济因子对乌蒙山区建设用地分布进行分析,可以进一步结合政策等其他因素对乌蒙山区建设用地进行全面分析。

参考文献:

- [1] 韦素琼,张金前,陈健飞.基于空间自相关的闽台城镇建设用地分布研究[J].地理科学进展,2007,26(3):11-17.
- [2] 谷建立,张海涛,陈家赢,等.基于 DEM 的县域土地利用空间自相关格局分析[J].农业工程学报,2012,28(23):216-224.
- [3] 焦利民,刘耀林,刘艳芳,等.区域城镇基准地价水平的空间自相关格局分析[J].武汉大学学报:信息科学版,2009,34(7):873-877.
- [4] 谢保鹏,陈英,白志远,等.甘肃省县区单元城镇工矿用地与二三产业耦合状态的时空变化研究[J].干旱区资源与环境,2013,27(9):18-25.
- [5] 唐华俊,吴文斌,杨鹏,等.土地利用/土地覆被变化(LUCC)模型研究进展[J].地理学报,2009,64(4):456-468.
- [6] 梁进社,王旻.城市用地与人口的异速增长和相关经验研究[J].地理学报,2002,57(6):649-654.
- [7] Li L, Sato Y, Zhu H. Simulating spatial urban expansion based on a physical process[J]. Landscape and Urban Planning, 2003,64(1):67-76.
- [8] 谈明洪,李秀彬,吕昌河.我国城市用地扩张的驱动力分析[J].经济地理,2003(5):635-639.
- [9] Deng X, Huang J, Rozelle S, et al. Economic growth and the expansion of urban land in China[J]. Urban Studies, 2010,47(4):813-843.
- [10] 杨鑫.浅谈遥感图像监督分类与非监督分类[J].四川地质学报,2008,28(3):251-254.
- [11] 林锦耀,黎夏.基于空间自相关的东莞市主体功能区划分[J].地理研究,2014(2):349-357.
- [12] Getis A, Ord J K. The analysis of spatial association by use of distance statistics[J]. Geographical Analysis, 1992,24(3):189-206.
- [13] 孟斌,王劲峰,张文忠,等.基于空间分析方法的中国区域差异研究[J].地理科学,2005,60(4):11-18.
- [14] 陈志明.论中国地貌图的研制原则、内容与方法:以 1:4000000 全国地貌图为例[J].地理学报,1993,48(2):105-113.