

尹晓媛,李建华,付星基,等. 基于分形理论的乌蒙山区建设用地空间结构研究[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):286-291.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.074

# 基于分形理论的乌蒙山区建设用地空间结构研究

尹晓媛<sup>1</sup>, 李建华<sup>1,2</sup>, 付星基<sup>1</sup>, 刘甲明<sup>1</sup>, 向冬蕾<sup>1</sup>, 陈运春<sup>1,2</sup>

(1. 云南农业大学水利学院, 云南昆明 650201; 2. 云南农业大学国土资源科学技术工程研究中心, 云南昆明 650201)

**摘要:**基于大尺度区域卫星遥感影像,采用监督分类法提取乌蒙山区2015年建设用地信息,利用分形理论和地理信息系统(geographic information system,简称GIS)空间分析方法,研究乌蒙山区建设用地空间结构特征及其区域差异规律,应用灰色关联法对分形特征影响因素进行探讨。结果表明:(1)乌蒙山区建设用地破碎化程度高,面积大于10 km<sup>2</sup>的斑块仅有1个,为云南省昭通市昭阳区,建设用地总面积为908 km<sup>2</sup>;(2)建设用地分维数D排序为云南片区>四川片区>贵州片区,各片区稳定指数SK介于0.392 0~0.421 3之间,乌蒙山区建设用地空间结构稳定性总体较高;(3)乌蒙山区38县(市、区)建设用地分形特征差异明显,普格县空间结构最复杂,稳定性较低,赫章县空间结构最简单,稳定性较高;(4)建设用地分形特征主要受平均形状指数的影响,斑块数对建设用地分维数影响最弱。

**关键词:**建设用地;分形特征;影响因素;乌蒙山区

**中图分类号:** F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)19-0286-06

Mandelbrot以英国海岸线特征为例,研究其自相关性并测算出分形维数,自此产生了分形理论<sup>[1]</sup>。该理论已被广泛应用于自然与社会等研究领域,成为目前许多学科的研究热点之一<sup>[2-4]</sup>。分形理论主要被运用于描述不规则及破碎图像的几何形态<sup>[1]</sup>,能够解析自然界中复杂物体的几何特征,已成为研究建设用地空间形态的科学理论与方法<sup>[5]</sup>。关于建设用地的现有研究主要涉及建设用地功能演变、扩张机制、抑制策略、模拟预测等方面<sup>[6-8]</sup>,一般基于“3S”、数理模型及统计分析,采用信息熵、景观格局指数、空间计量、转移矩阵等方

法来探讨建设用地的空间变化<sup>[9-11]</sup>,然而该类方法较难深入研究。应用分形理论相关方法,通过研究建设用地的内在复杂性和稳定程度,诠释建设用地空间分形特征<sup>[3]</sup>,可有效弥补景观格局指数等传统理论方法的不足<sup>[12-14]</sup>,能够为土地利用/覆盖变化(LUCC)的相关研究提供理论支撑<sup>[15-16]</sup>。

乌蒙山区是我国14个集中连片的特殊困难地区之一<sup>[17]</sup>,属长江流域金沙江、乌江、清江三大水系,是我国新一轮扶贫攻坚的主战场。该区地形地貌复杂,常年存在建设用地不合理利用和无序扩张等问题。随着城镇化的快速推进,建设用地需求激增,加剧了乌蒙山区建设用地空间形式的破碎化,使得单位土地产出愈发低效,人地矛盾日益突出,加深了贫困状态的严重程度。目前,相关研究以定性探讨乌蒙山区扶贫开发的理论、方法与策略为主,较少开展应用分形理论定量地分析乌蒙山区建设用地空间特征等问题的研究。本研究基于乌蒙山区2015年遥感影像,以遥感(remote sensing,

收稿日期:2018-01-03

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项(编号:201511003-1)。

作者简介:尹晓媛(1994—),女,云南楚雄人,硕士研究生,主要从事土地整治与利用研究。E-mail:14787893986@163.com。

通信作者:陈运春,硕士,副教授,主要从事土地整治与规划研究。E-mail:2837973986@qq.com。

[22] 罗由林,李启权,王昌全,等. 四川省仁寿县土壤有机碳空间分布特征及其主控因素[J]. 中国生态农业学报,2015,23(1): 34-42.

[23] 王幼奇,白一茹,王建宇. 引黄灌区不同尺度农田土壤重金属空间分布及污染评价:以银川市兴庆区为例[J]. 环境科学,2014, 35(7):2714-2720.

[24] 孙蓉花,陈学刚,董煜,等. 克拉玛依城市土壤磁化率、有机质和pH值的特征及关系研究[J]. 生态科学,2016,35(6):152-158.

[25] Dearing J A, Hay K L, Baban S M J, et al. Magnetic susceptibility of soil: an evaluation of conflicting theories using a national data set [J]. Geophysical Journal International, 2007, 127(3): 728-734.

[26] 杨萍果. 山西襄汾农田土壤磁化率和养分空间变异性[J]. 中国沙漠,2013,33(3):813-818.

[27] 赵鲁全. 1985—2005年聊城市土壤有机质的时空变异分析[J]. 环境科学研究,2011,24(4):421-427.

[28] 张保华,张金萍,汤庆新,等. 引黄灌溉对耕层土壤肥力的影响研究[J]. 人民黄河,2008,30(10):67-68.

[29] 曹建荣,董杰,刘衍君,等. 聊城市耕层土壤养分时空变化特征[J]. 湖北农业科学,2010,49(6):1340-1343.

[30] 贾松伟,贺秀斌,陈云明,等. 黄土丘陵区土壤侵蚀对土壤有机碳流失的影响研究[J]. 水土保持研究,2004,11(4):88-90.

[31] 郭太龙,谢金波,孔朝晖,等. 华南典型侵蚀区土壤有机碳流失机制模拟研究[J]. 生态环境学报,2015,24(8):1266-1273.

[32] 周涛,史培军. 土地利用变化对中国土壤碳储量变化的间接影响[J]. 地球科学进展,2006,21(2):138-143.

[33] 王存龙,刘华峰,王红晋,等. 山东黄河下游流域土壤碳储量及时空变化研究[J]. 地球与环境,2014,42(2):228-237.

[34] 周涛,史培军,王绍强. 气候变化及人类活动对中国土壤有机碳储量的影响[J]. 地理学报,2003,58(5):727-734.

[35] 杨玉盛,谢锦升,盛浩,等. 中亚热带山区土地利用变化对土壤有机碳储量和质量的影响[J]. 地理学报,2009,62(11): 1123-1131.

[36] 崔永琴,马剑英,刘小宁,等. 人类活动对土壤有机碳库的影响研究进展[J]. 中国沙漠,2011,31(2):407-414.

简称RS)和地理信息系统(geographic information system,简称GIS)为支撑平台,通过监督分类法提取该区建设用地信息,运用分形理论和灰色关联分析等方法,研究乌蒙山区建设用地分维指数、稳定指数的空间结构特征及其影响因素,以了解不同县域的土地利用特点,为提高建设用地的节约集约利用效率,促进区域产业发展,增加当地居民的可支配收入,落实其扶贫开发目标等提供理论依据与实践参考。

## 1 研究区概况

乌蒙山区地跨云南、贵州、四川3省,位于长江和珠江两大水系的分水岭地带,区域总面积为10.75万km<sup>2</sup>,共辖38个县(市、区),其中包括贵州省赫章县、纳雍县、黔西县、织金县、大方县、威宁彝族回族苗族自治县、毕节市七星关区、桐梓县、习水县、赤水市;云南省镇雄县、大关县、彝良县、盐津县、宣威市、会泽县、武定县、绥江县、禄劝彝族苗族自治县、昭通市昭阳区、威信县、寻甸回族彝族自治县、鲁甸县、巧家县、永善县;四川省叙永县、古蔺县、马边彝族自治县、屏山县、沐川县、金阳县、雷波县、布拖县、昭觉县、喜德县、越西县、普格县、美姑县。

乌蒙山区地势由东北向西逐步抬升,境内山高坡陡、切割纵横,地形错综复杂、起伏度较大,最低海拔位于四川省宜宾市一带(仅203 m),最高海拔位于滇东北山地(高达5100 m),平均海拔2500 m左右。地貌沿等高线呈阶梯分布,山地、丘陵和平坝兼备,其中山地和高原面积占该区域总面积的80%以上。

2010年末,该区常住人口为2000多万,其中城镇人口585.81万,城镇化率26.00%;少数民族人口占20.86%。按每年2300元的扶贫标准,该区的贫困发生率达47.00%,成为我国经济最落后、人口最稠密、少数民族聚居最多的地区。

## 2 数据与方法

### 2.1 数据获取与预处理

本研究原始数据为2015年Landsat8 OLI\_TRIS卫星遥感影像(多光谱,30 m×30 m空间分辨率),因研究区分布范围广,共选用12幅影像才能覆盖整个乌蒙山区研究区域。对每幅遥感影像进行大气辐射矫正、几何矫正、坐标配准后,利用ENVI5.1软件采用最大似然监督分类法,根据不同地类的光谱信息,对训练区进行准确分类,提取乌蒙山区建设用地(包括城镇用地、农村居民点用地、交通用地及独立工矿用地)的空间范围,将其结果转换为coverage格式,作为本研究的主要数据源,其土地利用分类结果精度为81.50%,Kappa系数为0.76,其精度已满足分析的要求。相关经济指标及人口数据来源于2015、2016年《云南省统计年鉴》《四川省统计年鉴》及《贵州省统计年鉴》。

### 2.2 分形理论模型

分形理论可以定量描述极度不规则的、支离破碎的图像外部特征<sup>[18-19]</sup>。土地斑块空间形态结构在分形意义上缺乏平滑性和自相似性,是自然界中典型的分形几何体<sup>[20]</sup>。对于不同地类斑块形态,以 $r$ 为尺度测量其面积和周长,可得到各地类空间结构分维数<sup>[21]</sup>,具体模型见公式(1)。

$$\ln A(r) = \frac{2}{D} \ln P(r) + C. \quad (1)$$

式中: $A(r)$ 为某一斑块面积; $P(r)$ 为某一斑块周长; $C$ 为常数; $D$ 为分维数。根据公式(1),如果研究区土地利用空间分布具有显著的分形结构,则可以拟合出 $\ln A(r)$ 、 $\ln P(r)$ 两者的关系式,通过求取斜率 $K$ 确定土地利用类型分维数 $D$ 值<sup>[11]</sup>, $D=2/K$ 。分维数 $D$ 取值在1~2之间, $D$ 值越大,表征土地利用类型越复杂;当 $D=1.5$ 时,表示该土地利用类型处于类似布朗运动的随机状态,此时是最不稳定的状态; $D$ 越接近1.5,土地利用空间结构越不稳定<sup>[16]</sup>。根据此原理,徐建华等定义了土地利用类型的稳定指数 $SK$ <sup>[19]</sup>,计算公式如下:

$$SK = |1.5 - D|. \quad (2)$$

式中: $SK$ 为土地利用类型稳定指数,取值在0~0.5之间, $SK$ 越大,表示土地利用类型越简单,空间结构越稳定,反之相反。

## 3 结果与分析

### 3.1 乌蒙山区建设用地的总体特征

对乌蒙山区建设用地遥感数据进行分析,得到2015年建设用地空间分布,见图1。基于GIS空间分析软件,对相关数据进行统计处理,得到38县(市、区)建设用地面积(图2)。依据建设用地规模等级将全部斑块进行等级划分,形成乌蒙山区建设用地等级规模(表1)。由图1可知,乌蒙山区建设用地分布不均匀,建设用地总面积为908 km<sup>2</sup>。

由图2可知,寻甸回族彝族自治县建设用地面积最大,达到90.06 km<sup>2</sup>,相当于大关县建设用地面积的20倍,占乌蒙山区建设用地总面积的9.92%;其次是会泽县,面积为79.89 km<sup>2</sup>,所占比例为8.80%;昭阳区面积56.12 km<sup>2</sup>,所占比例为6.18%;大关县建设用地面积最小,为4.52 km<sup>2</sup>,在乌蒙山区建设用地中所占比例仅0.50%,人均建设用地面积不足20 m<sup>2</sup>。从乌蒙山区各片区建设用地分布数量看,云南片区>贵州片区>四川片区,云南片区建设用地面积为411.75 km<sup>2</sup>,占乌蒙山区总面积的45.35%;四川片区建设用地面积172.00 km<sup>2</sup>,所占比例为18.94%。

乌蒙山区建设用地等级规模如表1所示,面积小于1 km<sup>2</sup>的建设用地斑块数量达145684个,斑块的平均面积为0.005 km<sup>2</sup>,占总斑块数量的99.97%;面积大于等于1 km<sup>2</sup>且小于10 km<sup>2</sup>的斑块有40个,平均面积2.823 km<sup>2</sup>,所占比例为0.03%;面积大于等于10 km<sup>2</sup>的斑块仅有1个,位于云南省昭通市昭阳区,该建设用地斑块面积为10.727 km<sup>2</sup>。表明乌蒙山区建设用地斑块以小规模为主,尤其是大于等于1 km<sup>2</sup>的斑块数量明显偏少。

### 3.2 乌蒙山区各片区建设用地分形特征

基于ArcGIS 10.4空间分析功能,统计出云南、四川、贵州3个片区建设用地斑块周长 $P$ 和面积 $A$ 的相关数据。运用SPSS数据分析软件,根据公式(1)、公式(2),分别计算各片区建设用地分维数 $D$ 及稳定指数 $SK$ 。

由表2可知,云南、四川、贵州片区建设用地均存在较为显著的分形特征( $R^2$ 均趋近于1),其中云南片区建设用地分维数 $D$ 最大,为1.1080;其次是四川地区,分维数为1.0953;贵州片区建设用地分维数最小,为1.0787。表明云南片区建设用地空间结构最复杂,贵州片区建设用地空间形态较规则。

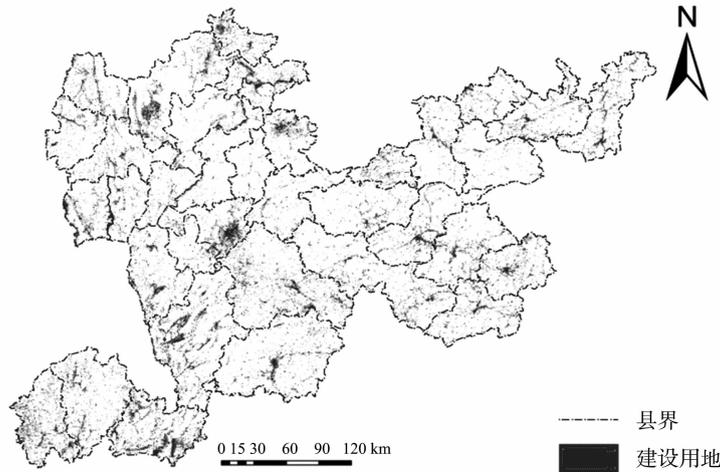


图1 乌蒙山区 2015 年建设用地空间分布

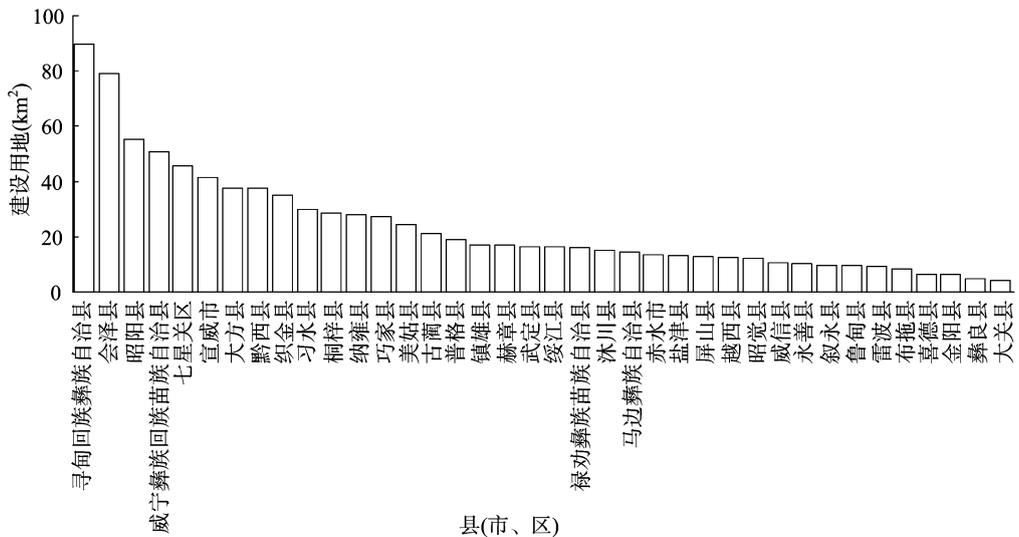


图2 乌蒙山区2015年各县(市、区)建设用地面积

表1 乌蒙山区建设用地等级规模

等级规模	斑块数量 (个)	斑块总面积 (km <sup>2</sup> )	平均斑块面积 (km <sup>2</sup> )	占总斑块数比重 (%)	占总面积比重 (%)
<1 km <sup>2</sup>	145 684	769.762	0.005	99.97	86.16
1 km <sup>2</sup> ~ <10 km <sup>2</sup>	40	112.907	2.823	0.03	12.64
≥10 km <sup>2</sup>	1	10.727	10.727	0.00	1.20
合计	145 725	893.396	0.006	100.00	100.00

表2 乌蒙山区各片区建设用地分维数和稳定性指数

地区	面积与周长关系	R <sup>2</sup>	D	SK
云南片区	lnA = 1.805lnP - 2.071	0.947 0	1.108 0	0.392 0
四川片区	lnA = 1.826lnP - 2.174	0.983 0	1.095 3	0.404 7
贵州片区	lnA = 1.854lnP - 2.296	0.982 0	1.078 7	0.421 3

各片区平均建设用地分维数为 1.094 0,四川片区与贵州片区仅相差 0.016 6,表明乌蒙山区各片区建设用地空间形态很相似,整体空间结构不复杂。

从各片区建设用地形态稳定性看,稳定性指数 SK 排序为贵州片区 > 四川片区 > 云南片区,平均 SK 为 0.406 0,贵州片区与云南片区差异为 0.029 3。表明建设用地空间结构最稳定的是贵州片区,其次是四川片区,云南片区最不稳定;各片区 SK 差距较小,表明总体上乌蒙山区建设用地空间结构处

于稳定状态。

### 3.3 乌蒙山区各县(市、区)建设用地地形特征

由表 3 可知,乌蒙山区建设用地分维数 D 最大的是普格县,为 1.142 9;其次是桐梓县和越西县、喜德县,分别为 1.139 0、1.137 0、1.37 0;而赫章县、镇雄县处于后 2 位,分别为 1.032 0、1.041 7。各县(市、区)平均分维数为 1.099 9,普格县与赫章县最大差异为 0.110 9。从建设用地空间形态稳定性看,赫章县建设用地 SK 最大,为 0.468 0;其次是镇雄县、纳雍县,SK 分别为 0.458 3、0.432 8;稳定性最差的是普格县,SK 为 0.357 1。各县(市、区)平均建设用地 SK 是 0.400 1,最大差异为 0.110 9。表明在乌蒙山区 38 县(市、区)中,普格县建设用地空间结构最复杂,稳定性最差,其次是桐梓县和越西县、喜德县,而赫章县建设用地形态最稳定,空间结构最简单。

表3 乌蒙山区38县(市、区)建设用地分维数和稳定性指数

县(市、区)	D	SK	县(市、区)	D	SK	县(市、区)	D	SK
赫章县	1.032 0	0.468 0	屏山县	1.091 7	0.408 3	会泽县	1.114 2	0.385 8
镇雄县	1.041 7	0.458 3	宣威市	1.092 3	0.407 7	武定县	1.114 8	0.385 2
纳雍县	1.067 2	0.432 8	七星关区	1.094 1	0.405 9	绥江县	1.117 3	0.382 7
叙永县	1.070 7	0.429 3	沐川县	1.094 7	0.405 3	禄劝彝族苗族自治县	1.118 6	0.381 4
黔西县	1.073 5	0.426 5	金阳县	1.097 1	0.402 9	赤水市	1.121 7	0.378 3
织金县	1.076 4	0.423 6	雷波县	1.098 9	0.401 1	昭阳区	1.124 2	0.375 8
大关县	1.078 2	0.421 8	布拖县	1.103 1	0.396 9	威信县	1.124 9	0.375 1
大方县	1.080 5	0.419 5	昭觉县	1.104 4	0.395 6	寻甸回族彝族自治县	1.124 9	0.375 1
彝良县	1.082 8	0.417 2	习水县	1.106 2	0.393 8	喜德县	1.137 0	0.363 0
古蔺县	1.086 4	0.413 6	巧家县	1.108 6	0.391 4	越西县	1.137 0	0.363 0
盐津县	1.087 5	0.412 5	美姑县	1.109 9	0.390 1	桐梓县	1.139 0	0.361 0
马边彝族自治县	1.089 9	0.410 1	鲁甸县	1.110 5	0.389 5	普格县	1.142 9	0.357 1
威宁彝族回族苗族自治县	1.089 9	0.410 1	永善县	1.113 0	0.387 0			

将各县(市、区)分维数进行归一化处理,参照文献[3]中的归一化值等别划分方法,以0.25为等阶将各县(市、区)分维数划分为4个等级:I级最简单(0.00~0.25)、II级简单(0.26~0.50)、III级复杂(0.51~0.75)、IV级最复杂(0.76~1.00)。各级划分结果按云南、四川、贵州3个片区进行县域统计,得到不同等级中各片区县域分布数量,具体见图4。

由图3可知,空间分布尺度上各级分布明显,分维数处于I级的共2县,分别是镇雄县、赫章县,在乌蒙山区38县(市、区)中所占比例仅为5.26%,其空间分布在乌蒙山区中部;分维数处于II级的共9县,分别是盐津县、大关县、彝良县、叙永县、古蔺县、大方县、纳雍县、黔西县、织金县,占总数量的23.68%,主要分布在乌蒙山区东南方向;分维数处于III级的共17县(市、区),分别是沐川县、马边彝族自治县、屏山县、美姑县、雷波县、昭觉县、永善县、金阳县、布拖县、鲁甸县、巧家县、会泽县、威宁彝族回族苗族自治县、宣威市、武定县、习水县、七星关区,所占比例高达44.74%,主要分布在乌蒙山区西部;分维数处于IV级的共10县(区),分别是越西县、喜德县、普格县、绥江县、昭阳区、禄劝彝族苗族自治县、寻甸回族彝族自治县、赤水县、桐梓县、威信县,所占比例为26.32%,其县域零散分布于除乌蒙山区东南部的其他地区。

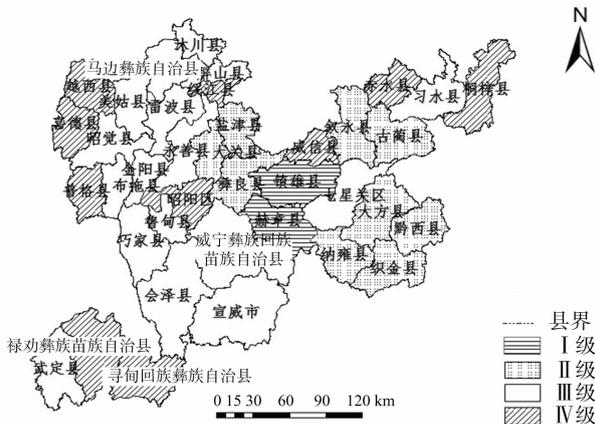


图3 乌蒙山区各县(市、区)建设用地分维数等别分布

由图4可知,分维数为I级的县域位于云南、贵州片区,四川片区分布数量为零;分维数为II级,各片区分布数量排序

为贵州片区>云南片区>四川片区,贵州片区所占比重最大为44%,四川片区所占比重最小为22%;分维数为III级,四川片区县域分布数量最多,为8县,占该级县域总数的47%,其次为云南片区,分布数量为6县,所占比例为35%,贵州片区分布数量最少,所占比例为18%;分维数为IV级,各片区县域分布数量排序为云南片区>四川片区>贵州片区,云南片区5县,占总数量的50%,贵州片区仅2县,所占比例为20%。表明云南、四川片区大部分县域建设用地分维数处于III级、IV级,空间结构较复杂,整体形态不稳定,乌蒙山区贵州片区10县中有50%的县域分维数处于I级、II级,建设用地空间结构简单,稳定性好。

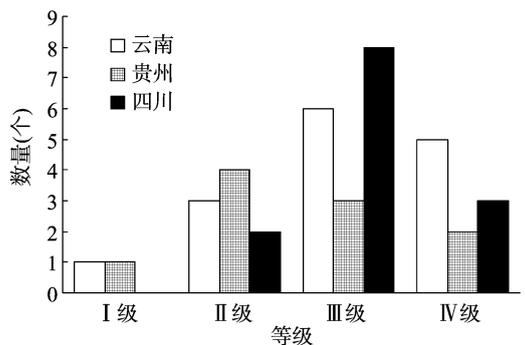


图4 乌蒙山区建设用地分维数等级中各片区县域数量

### 3.4 乌蒙山区建设用地地形特征影响因素分析

综合考虑乌蒙山区独特的自然、社会、经济条件,本研究选取斑块数、平均形状指数、平均斑块面积、总人口、第一产业、第二产业、第三产业等7个指标,根据乌蒙山区38县(市、区)建设用地分维数及7个影响因子的原始数据,采用灰色关联法,计算乌蒙山区建设用地分维数与各个灰色因子之间的关联系数。由表4可知,关联系数的排序呈现为平均形状指数>第二产业>第一产业>总人口>第三产业>平均斑块面积>斑块数,分维数与各灰色因子之间的关联系数都在0.5以上,表明各灰色因子对乌蒙山区建设用地地形均有较强影响。其中,平均形状指数与分维数的关联系数最高,为0.7301;其次是第二产业发展状况,关联系数为0.5909,分维数与第一产业的关联系数为0.5714;斑块数对分维数影响最弱,关联系数为0.5003。因此影响乌蒙山区建设用地空间

表4 建设用地分维数与影响因子的关联系数

斑块数	平均斑块面积	平均形状指数	总人口	第一产业	第二产业	第三产业
0.500 3	0.528 7	0.730 1	0.558 9	0.571 4	0.590 9	0.555 1

结构分维数的主要因素是平均形状指数,第二产业与第一产业发展状况也会对分维数产生较大影响,斑块数对建设用地分维数影响最弱。

基于 ArcGIS 10.4 软件提取乌蒙山区高程(图5)、地形起伏度(图6),结合相关数据从地形地貌、经济、社会3个方面深入剖析乌蒙山区建设用地分维数的影响因素。

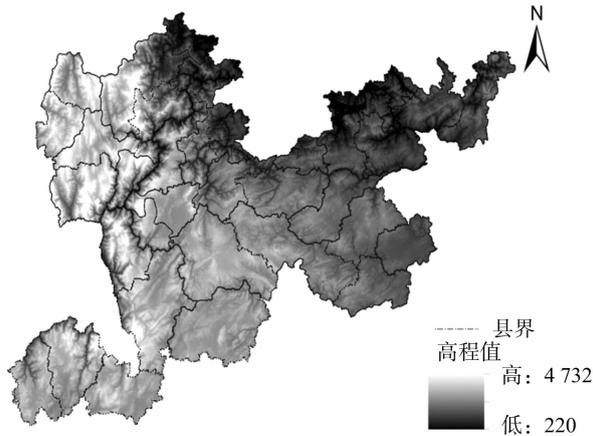


图5 乌蒙山区高程

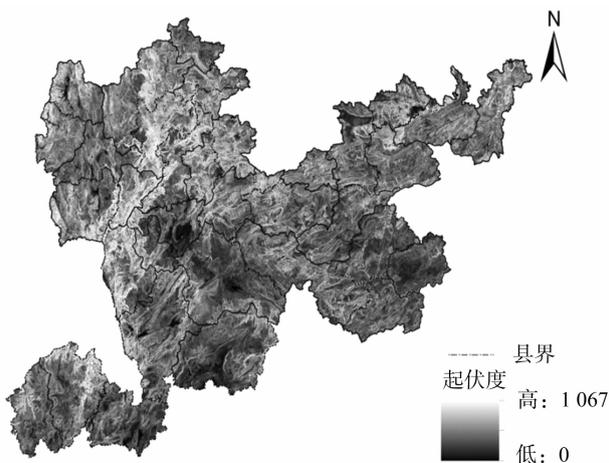


图6 乌蒙山区地形起伏度

3.4.1 地形地貌的影响 乌蒙山区地形地貌复杂,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、喀斯特高中山、中高山、高山沿等高线呈阶梯分布。从图5可以看出,该区域海拔垂直差异大,平均海拔为2 500 m左右,整体海拔由北向南、由东向西逐渐抬升。

从图6可以看出,中部及东南部地区地形起伏度小,一定区域内最高海拔与最低海拔差值不大,地势相对平坦,建设用地扩张受地形地貌影响较弱。乌蒙山区北部及西北部地势起伏度大于南部地区,境内山高坡陡,自然环境恶劣,建设用地扩张空间受地形限制较强,建设用地只能零星分布于除县城以外地势相对平坦的区域。主要受地形地貌条件限制,乌蒙

山区38县(市、区)建设用地斑块均破碎,平均斑块面积小,与影响建设用地地形特征的其他因子相比,斑块数与平均斑块面积不是导致乌蒙山区各地区建设用地地形特征出现差异的主要原因。

3.4.2 经济因素的影响 乌蒙山区建设用地分维数与三大产业的关联系数为第二产业>第一产业>第三产业,三大产业中第二产业对乌蒙山区建设用地空间结构影响最大。2010年后乌蒙山区大力推动城镇化与工业化建设,2013年第二产业产值1 281亿元,2014年第二产业产值1 335亿元,同比增长4.2%。工业发展推动建设用地需求不断增大,造成大量土地相互转换,建设用地空间不断向外蔓延。目前,城乡建设用地空间优化布局未得到重视,不合理利用、无序扩张等建设用地形式加剧了乌蒙山区建设用地空间结构的复杂性。

2014年乌蒙山区各县(市、区)平均第一产业产值18.25亿元,2015年平均第一产业产值20.90亿元,同比增长14.5%,第一产业低于平均值的县(市、区)数量为10个。农业生产方式落后、投入-产出值小、农民生活水平差异大、建设用地利用效率低,表明乌蒙山区第一产业发展会对建设用地空间布局产生一定影响。

从2014、2015年各县(市、区)第三产业产值看,仅有七星关区和宣城市第三产业产值超过100亿元,2015年县域平均第三产业产值为34亿元,产值低于平均值的县域数量为26个,所占比例达68%。交通条件薄弱、基础实施不完善制约着乌蒙山区服务业的发展,除七星关区和宣城市,其他县域第三产业发展均严重滞后,因此乌蒙山区开发对建设用地需求不明显,故乌蒙山区第三产业发展对建设用地分维数影响相对薄弱。

3.4.3 社会因素的影响 2014年乌蒙山区常住人口1 900万,2015年常住人口1 980万,同比增长4.2%,各县(市、区)平均人口高达52.1万。2015年末人口超过100万的县(市、区)数量为4个,分别是七星关区(115.9万人)、威宁自治县(127.7万人)、宣城市(135.2万人)、镇雄县(138.4万人),人口数量远超过土地承载能力,导致城乡住宅用地需求加大,工业用地及道路广场用地面积增加,破坏建设用地空间形态。因此,乌蒙山区人口对建设用地分维数能产生很大影响。

乌蒙山区少数民族分布范围广,4县为民族区域自治县,8个大凉山彝族自治州,少数民族以苗族和彝族人口居多,2015年末苗族人口已经超过100万,苗族长期的独居习俗加剧了该地区建设用地的破碎化程度,造成建设用地空间结构不稳定。乌蒙山区大部分地区农村人口多,农民受教育程度低,高中阶段入学率远低于全国平均值,贫困程度深。因此,农民对土地的不合理利用、规划布局理念的缺乏等,会对乌蒙山区建设用地空间结构产生一定影响。

## 4 结论与讨论

乌蒙山区建设用地密度较全国平均水平偏低,整体上呈现南高北低、西高东低的趋势。云南片区建设用地面积所占

比例最大,四川片区建设用地所占比例最小。乌蒙山区建设用地斑块数多而平均斑块面积少,平均斑块面积为 $0.006\text{ km}^2$ ,小于 $1\text{ km}^2$ 的斑块占建设用地斑块总数的99.97%,大于等于 $10\text{ km}^2$ 的建设用地斑块仅有1个,分布在云南省昭通市昭阳区。

乌蒙山区云南、四川、贵州片区建设用地都存在较为显著的分形特征。按照分维数排序为云南片区>四川片区>贵州片区,云南片区建设用地空间结构最复杂,贵州片区建设用地空间结构最简单;稳定性指数排序为贵州片区>四川片区>云南片区,3个片区稳定指数平均值为0.4060,且各片区之间差异不大,整体上乌蒙山区建设用地形态稳定。

38县(市、区)建设用地分形特征差异明显,稳定性情况各不相同。普格县分维数最大,为1.1429,稳定指数最小,为0.3571,其建设用地空间结构最复杂,稳定性最差;其次为桐梓县,分维数为1.1390,稳定指数为0.3610;赫章县分维数最小,为1.0320,稳定指数最大,为0.4680,其建设用地形态最稳定,空间结构最简单;云南、四川片区大部分县域建设用地分维数处于Ⅲ级、Ⅳ级,空间结构复杂,贵州片区50%县域建设用地分维数处于Ⅰ级、Ⅱ级,空间结构简单。

影响乌蒙山区建设用地分维数的主要因子排序为平均形状指数>第二产业>第一产业>总人口>第三产业>平均斑块面积>斑块数。平均形状指数对建设用地分维数影响最强,斑块数对分维数影响最弱,此外地形地貌、少数民族比例、农民综合素质也会对建设用地分维数产生影响。

县域建设用地分维数差异显著。应将分维数处于Ⅳ级的越西县、喜德县、普格县、绥江县、昭阳区、禄劝彝族苗族自治县、寻甸回族彝族自治县、赤水县、桐梓县、威信县作为建设用地规划布局的重点区域,优化产业结构调整,使之成为乌蒙山区经济发展的重点县域。所有县域根据总人口、地形地貌、用地指标、经济条件编制《县域总体规划》并严格实施,对少数民族自治县应重视民俗风俗,因地制宜调整,以促进乌蒙山区建设用地空间结构优化布局。

乌蒙山区建设用地破碎化程度高。应出台相关政策,引导农民集中建房,配套相关生活设施,提高农村建设用地利用效率。加大投入或改造空心村,充分利用闲置宅基地,控制建设用地规模,重点盘活存量建设用地潜力。

分形特征反映了乌蒙山区建设用地空间结构的复杂性和稳定性,本研究能够明晰不同县域建设用地的利用特点,对促进区域经济发展、合理开发和利用建设用地、提高建设用地利用效率、落实其扶贫开发目标具有重要的现实意义。由于建设用地时空变异特征复杂,仍须进一步开展建设用地空间结构演变及影响机制研究。

#### 参考文献:

[1] Mandelbrot B B. How long is the coast of Britain? Statistical self -

similarity and fractional dimension[J]. Science,1967,156(3775): 636-638.

- [2] 胡章鸿,段七零. 基于时空距离的江苏省景区系统聚集分形演化研究[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(9):1208-1214.
- [3] 叶长盛,董玉祥. 珠江三角洲土地利用分形特征及其影响机制[J]. 农业工程学报,2011,27(4):330-335.
- [4] 李传武,张小林,吴威. 基于分形理论的江苏沿江城镇体系研究[J]. 长江流域资源与环境,2010(1):1-6.
- [5] 李昭阳,汤洁,孙平安,等. 松嫩平原西南部土地利用动态变化的分形研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2006,36(2):250-258.
- [6] 高金龙,陈江龙,袁丰,等. 南京市建设用地扩张模式、功能演化与机理[J]. 地理研究,2014,33(10):1892-1907.
- [7] 屈宇宏,孙帅,陈银蓉. 中国城市建设用地扩张趋势模拟及抑制策略[J]. 资源科学,2014,36(1):1-7.
- [8] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究,2001,20(2):130-138.
- [9] 谢汀,伍文,高雪松,等. 基于信息熵与偏移-份额模型的建设用地结构变化分析——以成都市为例[J]. 资源科学,2014,36(4):722-730.
- [10] 张荣天,张小林,李传武. 镇江市土地利用景观格局分析[J]. 经济地理,2012,32(9):132-137.
- [11] 张荣天. 宁镇扬丘陵区土地利用空间结构的分形研究——以镇江市为例[J]. 水土保持研究,2013,20(3):98-103.
- [12] 杨涵,王芳芳,吴世新,等. 基于分形理论的新疆土地利用空间格局分析[J]. 干旱区研究,2009,26(2):194-199.
- [13] 郭贝贝,於忠祥,杨绪红,等. 基于GIS和分形理论的城市蔓延度研究[J]. 长江流域资源与环境,2013,22(8):972-978.
- [14] 贾文臣,贾香云,李福印,等. 威海市土地利用分形特征动态变化[J]. 地理科学进展,2009,28(2):193-198.
- [15] 郭碧云,王光谦,傅旭东,等. 黄河中游清润河流域土地利用空间结构和分维模型[J]. 农业工程学报,2012,28(14):223-228.
- [16] 朱晓华,蔡云龙. 中国土地利用空间分形结构及其机制[J]. 地理科学,2005,25(6):671-677.
- [17] 李俊杰. 集中连片特困地区反贫困研究——以乌蒙山区为例[M]. 北京:科学出版社,2013:33-37.
- [18] Li B L. Fractal geometry applications in description and analysis of patch patterns and patch dynamics[J]. Ecological Modelling,2000,132(1/2):33-50.
- [19] 徐建华,艾南山,金炯,等. 西北干旱区景观要素镶嵌结构的分形研究——以黑河流域为例[J]. 干旱区研究,2001,18(1):35-39.
- [20] 曹天邦,朱晓华. 土地利用类型分布的分形机构及其应用——以江苏省扬中县丰裕镇为例[J]. 地域研究与开发,1998,18(4):9-12.
- [21] 阿如早,杨持,同丽嘎. 基于分形理论的沙漠化土地空间结构——以内蒙古多伦县为例[J]. 地理研究,2010,29(2):283-290.