

张云彬,王雲,陈静媛,等.土地利用转型影响下大别山区景观格局演变及驱动力研究——以安徽省六安市金寨县为例[J].华中农业大学学报,2022,41(3):56-68.DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2022.03.007

# 土地利用转型影响下大别山区景观格局演变及驱动力研究

## ——以安徽省六安市金寨县为例

张云彬,王雲,陈静媛,孙若萱

安徽农业大学林学与园林学院,合肥 230036

**摘要** 城镇化的迅猛发展导致了土地利用形态与功能的转型,而这一转变在山区尤为明显。同时景观格局的变化是土地利用转型的突出标志,探究两者的关系对于山区土地利用及生态管理具有重要意义。以地处大别山区的安徽省六安市金寨县为研究对象,选取1999年、2009年和2019年3期遥感卫星影像数据,在遥感与地理信息系统的技术支持下,采用土地利用转移矩阵、景观格局指数对金寨县的景观格局演变特征进行定量分析,并利用主成分分析法研究金寨县景观格局演变的驱动力。研究结果显示:(1)1999—2019年,金寨县土地利用转型特征为生产用地向生活用地和生态用地转换,建设用地转换率最高,持续增长,耕地和未利用地面积呈降低趋势,林地和水域持续稳定增长;土地利用类型上,主要为耕地、建设用地、未利用地、林地之间的转换;土地利用空间上,1999—2009年金寨县土地利用转换主要集中在中部地区,2010—2019年主要集中在东北部;(2)金寨县景观格局整体上破碎度增大,景观异质性、均匀度降低,不规则斑块增多,2010—2019年各景观类型间断分布,景观连通性下降;(3)金寨县的经济、产业水平、人口情况、生活水平和治理环境五个维度的驱动力综合作用导致了土地利用的转型与景观格局的变化。其中,社会经济发展为金寨县景观格局变化的主要驱动因素,人口与产业发展是次要驱动因素。

**关键词** 土地利用转型;景观格局;演变特征;驱动力;主成分分析;大别山区

**中图分类号** TU982.29 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2022)03-0056-13

土地利用转型是指随着社会经济发展的变化,与之相对应的区域土地利用形态在时间序列上发生动态转变的过程<sup>[1]</sup>。该概念最早由英国学者Grainger<sup>[2]</sup>在研究林业土地利用时提出,2002年,龙花楼将土地利用转型概念引入国内,作为土地变化/覆被变化综合研究的新途径<sup>[1]</sup>。随后,众多学者对土地利用转型理论与假说<sup>[3]</sup>、特征规律<sup>[4]</sup>、发展趋势<sup>[5-6]</sup>等内容展开探索,逐渐形成了系统性的理论框架。经过社会经济发展的转型,2013年以来土地利用转型研究多聚焦于生态文明下的城市功能和乡村振兴与之的关系<sup>[6]</sup>。景观格局是景观生态学领域的核心内容之一,其变化是土地利用转型的突出标志。景观格局是指不同生态系统和景观单元的空间结构特征,包括景观要素的形状、大小、数目、空间分布与配置,体现空间异质性、空间相关性和空间规律性等内

容<sup>[7]</sup>,研究核心是强调空间格局、生态学过程与尺度之间的相互作用,是景观异质性在空间和时间上的综合表现,又能反映各种生态过程在不同尺度上协同作用的结果<sup>[8]</sup>。土地利用转型的变化影响着城镇的发展格局,通过对区域土地利用转型的特征进行探讨,可分析出其景观格局的演变情况,对区域生态安全发展有着重要意义。

大别山区是我国典型的集山区、库区、多省交界区、革命老区和贫困区为一体的低山丘陵区,具有特殊的社会功能,独特的地理位置和气候条件使其成为中国中部重要的生态屏障,并支撑着淮河上中游、长江中游地区的生态系统,此外,丰富的生物资源、水电资源以及多样的土特产产品也使大别山区具备了突出的经济功能,因此,大别山区在我国的中部低山丘陵区居于不可替代的地位。当前对于低山丘陵

收稿日期:2021-08-19

基金项目:2020年度安徽省重点研发项目(202004a06020014)

张云彬,E-mail:zhangyunbin@ahau.edu.cn

区的景观格局研究多是集中在乡村聚落<sup>[9-10]</sup>、农村居民点<sup>[11-12]</sup>的分布特征和空间格局的研究上,亦或者是针对如森林<sup>[13]</sup>、耕地<sup>[14]</sup>等单独景观类型进行研究,而对于低山丘陵区的整体景观格局演变的研究相对较少,开展相关研究十分迫切。

随着城市化的发展,区域人口增加和土地过度开发导致大别山生态环境压力负荷超载,大别山区部分区域水土流失、自然灾害频发、生态系统服务价值退化等问题严重。鉴于此,本研究利用遥感(remote sensing, RS)和地理信息系统(geographic information system, GIS)对大别山区的乡村景观格局的演变及其驱动力进行研究,探寻大别山区土地利用

转型的生态效应,为大别山区未来土地利用及生态管理提供理论与实践指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区为安徽省西部的金寨县(115°22'19"~116°11'52"E, 31°06'41"~31°48'51"N),位于皖西边陲、大别山腹地。金寨县地势丰富,西南为中山区、中部为低山区、东北为丘岗区,并且境内高程相差较大,整体自西南向东北方向降低,最高海拔为天堂寨的1 729.13 m,最低处海拔为60 m(图1)。

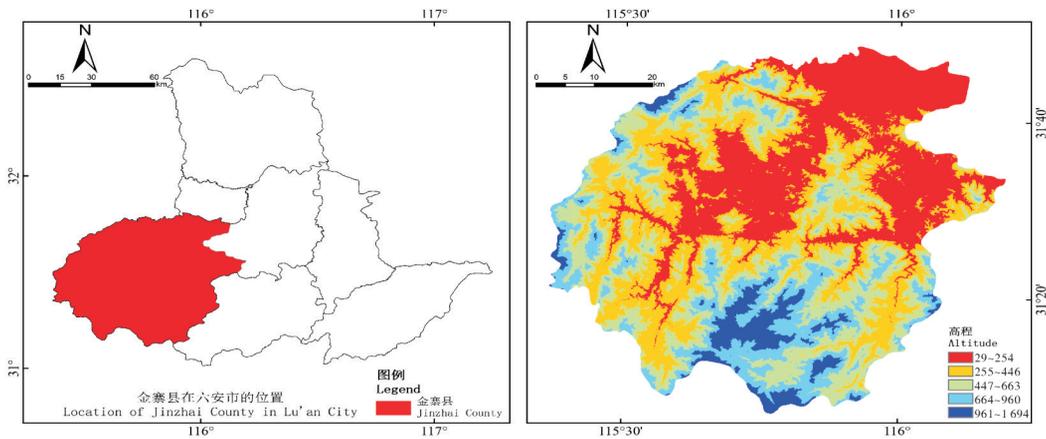


图1 研究区概况

Fig.1 Overview of the study area

### 1.2 数据来源及处理

本研究开展土地利用分析所使用的遥感影像数据来自地理空间数据云网站(www.gscloud.cn),受数据源中不同年份的数据可用性存在差异以及相近时段云量影响较大,研究选择了1999年12月、2009年11月和2019年5月的3期Landsat TM/ETM+遥感影像数据,分辨率为30 m,影像云量均低于1%。用于精度验证的高空间分辨率遥感图像来源于BIGEMAP地图下载器。

首先利用ENVI5.3软件,对金寨县1999、2009、2019年的遥感影像分别进行FLASH模块中的大气校正、辐射定标等预处理,而后通过分析和比较各波段组合的色彩差异,结合研究区历史影像和实地调研结果来确定各波段组合所对应的各土地利用类型。然后,将裁剪后遥感影像作为训练区,通过人工目视解译对3期遥感影像的各土地利用类型选取训练样本,使每种土地利用类型选取样本大于50个,再

利用最大似然法进行地物分类,进而获得1999、2009、2019年土地利用分类结果。最后结合实地调查数据和高空间分辨率遥感图像对分类结果进行精度验证,截取研究区内部分高分辨率图像,对每种土地利用类型随机提取30个校验样本,建立误差矩阵评价分类精度。结果确定3期土地利用分类精度达到85%以上,Kappa系数均超过0.8,分类结果可用于后续研究中。最后在ArcGIS10.3中进行栅格处理、融合、出图,最终得到3期土地利用分类图(图2)。

根据《土地利用现状分类标准(GB21010—2017)》,并结合中国科学院土地利用分类系统以及实地调研情况,将金寨县的土地利用分为林地、耕地、园地、水域、建设用地、未利用地6类。同时依据“生产-生活-生态”三生空间的分类体系<sup>[15]</sup>,从土地利用的主导功能角度出发,对各土地利用类型进行三生空间的划分,其中将耕地和园地作为生产空间,建设用地为生活空间,生态空间包括林地、水域和未利用地(表1)。

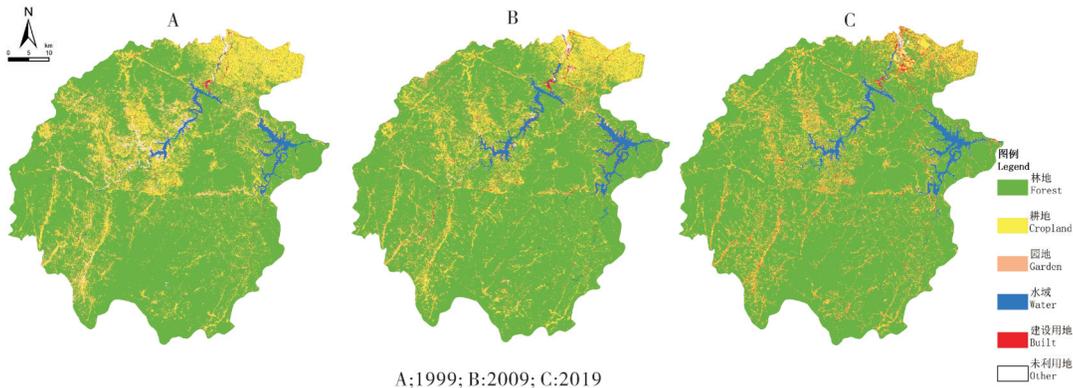


图2 金寨县1999—2019年土地利用分类图

Fig.2 Land use classification map of Jinzhai County

表1 金寨县三生空间土地利用分类

Table 1 Production-living-ecological land use classification in Jinzhai County

空间类别 Space types	土地利用类型 Land use types	功能释义 Functional interpretation
生产空间 Production space	耕地、园地 Cropland, garden	用于生产经营活动,产生经济效益 Used in production and business activities, producing economic benefits
生活空间 Living space	建设用地 Built	用于日常交往活动,提供生活服务 Used for daily communication activities, providing life services
生态空间 Ecological space	林地、水域、未利用地 Forest, water, others	物种生存繁衍空间,提供自然资源 Space for species to survive and multiply, providing natural resources

### 1.3 单一土地利用动态模型

土地利用动态模型考虑研究时段内各土地利用类型之间的转移,着眼于变化的过程,主要反映出研究区土地利用变化的剧烈程度,便于在不同空间尺度中找到土地利用变化的热点区域<sup>[16]</sup>。单一土地利用动态模型可分析研究区内某一土地利用类型在一定时间内的数量变化情况及变化速度,其公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, $K$ 表示研究时段内某一土地利用类型动态度; $U_a$ 、 $U_b$ 分别表示研究初期及末期某一土地利用类型的数量; $T$ 表示为研究时长,当 $T$ 的时段设为年时, $K$ 表示某一土地利用类型的年变化率。

### 1.4 土地利用转移矩阵

地利用转移矩阵是用于刻画区域土地利用变化的结构特征及各用地类型变化的方向的数学模型,是定量分析系统状态与状态转移的方法<sup>[16]</sup>。转移矩阵的数学形式为:

$$S = S_{ij} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & \cdots & S_{1n} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & \cdots & S_{2n} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & \cdots & S_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ S_{n1} & S_{n2} & S_{n3} & \cdots & S_{nn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)中, $S$ 为土地面积, $S_{ij}$ 表示研究期初与末的土地利用类型 $i$ 向类型 $j$ 转移的土地面积; $n$ 为土地利

用的类型数。

### 1.5 景观重心转移模型

重心表示的是某一要素在区域内活动或作用的焦点,如经济重心、人口重心、生态重心等。景观重心转移模型表示景观类型在区域内的演变过程,可从空间上较好地反映出各景观类型在区域内的转移趋势<sup>[17]</sup>。重心模型公式为:

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_{it})}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (3)$$

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_{it})}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (4)$$

式(3)~(4)中: $X_t$ 、 $Y_t$ 分别表示为第 $t$ 年的某景观类型分布重心的经纬度坐标; $X_{it}$ 、 $Y_{it}$ 分别表示第 $t$ 年景观类型第 $i$ 个斑块分布重心的经纬度坐标; $C_{it}$ 表示第 $t$ 年某景观类型第 $i$ 个斑块的面积。

### 1.6 景观格局指数分析

景观格局指数分析法是通过景观格局指数将景观格局信息量化呈现,进而在某个时间维度上分析景观格局的演变趋势的研究方法<sup>[7]</sup>。景观指数反映了景观格局的结构组成和空间配置的定量指数,主要包括斑块水平、类型水平和景观水平,利用Fragstats 4.2开展不同水平尺度的测度。在借鉴前人的研究成果的基础上<sup>[18-19]</sup>,本研究主要选择类型水平指数和景观水平指数对金寨县的景观格局进行刻画分析。其中,类型水平指数包含斑块类型面积

(CA)、斑块数量(NP)、最大斑块指数(LPI)、聚集度(AI);景观水平指数包含景观形状指数(LSI)、聚集度指数(AI)、蔓延度指数(CONTAG)、景观分离度(DIVISION)、Shannon多样性指数(SHDI)和Shannon均匀度指数(SHEI)。

### 1.7 主成分分析

主成分分析法(PCA)是一种基于降维思想的线性变换的方法,其将原来众多具有相关性的指标重新组合出一组新的无关联性的综合指标,并将综合指标作为核心成分来解释原来众多指标的信息<sup>[20]</sup>。该方法利用SPSS软件对多个驱动力进行因子分析,得出特征值大于1的主成分,并根据成分矩阵系数对众多驱动力因子进行成分划分,进而从主成分的角度分析经过景观格局演变的驱动力。

## 2 结果与分析

### 2.1 金寨县土地利用特征分析

1)金寨县土地利用数量结构分析。金寨县地处

大别山核心区,集生态功能区、贫困区和旅游区为一体,其土地利用主要由林地、耕地、园地、水域和建设用地组成(图2)。因山区地形因素的影响,不同类型的土地位置分布明显,林地占金寨县土地总面积70%以上,主要集中在南部的中山区,耕地和建设用地主要集中在北部的丘岗区和中部的低山区,园地主要集中在西部的中山区,水域主要由史河和西淠河两大水系组成。其中,建设用地包括农村居民用地、城镇用地、交通水利设施用地等土地,未利用地包括荒草地、沙地、裸土地等土地。1999年,该区域的林地和耕地面积为283 188.91、72 915.88 hm<sup>2</sup>,建设用地面积为3 481.52 hm<sup>2</sup>;2009年,金寨县的建设用地面积为4 385.77 hm<sup>2</sup>,耕地和园地的面积分别为54 112.05、24 465.37 hm<sup>2</sup>,水域面积为9 333.29 hm<sup>2</sup>;2019年,金寨县的耕地、林地、建设用地、水域、园地的面积分别为46 250.56、303 341.76、7 329.32、10 238.74、24 238.60 hm<sup>2</sup>(表2)。

表2 金寨县1999—2019年土地利用类型面积

Table 2 Area of land use types in Jinzhai County from 1999 to 2019

土地类型 Land types	1999		2009		2019	
	面积/hm <sup>2</sup> Area	比例/% Proportion	面积/hm <sup>2</sup> Area	比例/% Proportion	面积/hm <sup>2</sup> Area	比例/% Proportion
耕地 Cropland	72 915.88	18.61	54 112.05	13.81	46 250.56	11.81
建设用地 Built	3 481.52	0.89	4 385.77	1.12	7 329.32	1.87
林地 Forest	283 188.91	72.29	298 715.33	76.26	303 341.76	77.44
水域 Water	7 480.30	1.92	9 333.29	2.38	10 238.74	2.61
未利用地 Others	2 508.94	0.64	702.74	0.18	315.59	0.08
园地 Garden	22 139.01	5.65	24 465.37	6.25	24 238.60	6.19
总计 Total	391 714.56	100.00	391 714.56	100.00	391 714.56	100.00

2)金寨县土地利用类型动态度分析。土地利用动态度可反映区域内土地利用类型变化的剧烈程度,其绝对值越高,表明土地类型变化越活跃,空间格局越不稳定。通过公式(1)所获得的土地利用类型动态度结果表明,1999—2019年,金寨县的建设用地的单一动态度绝对值最高,为11.05%,说明建设用地的变换较为活跃;变化率最低的为林地,只有0.71%,说明林地的变化较为稳定,这与金寨县生态保护区的特性相一致。而在1999—2009年间,未利用地的变化率最高;2010—2019年期间,建设用地的变化率较高(表3)。其中,耕地面积的占比从1999年的18.61%逐渐降低至2019年的11.81%;建设用地则从1999年的0.89%增加到2019年的1.87%;林地

面积的占比则持续缓慢增长至2019年的77.44%;水域由1999年的1.92%增长至2019年的2.61%;园地由1999年的5.65%增长至2009年的6.25%,再由2009年的6.25%降低至2019年的6.19%;未利用地则是持续下降至2019年的0.08%(表2)。以上数据显示,金寨县的林地、建设用地和水域呈持续增长趋势,耕地和未利用地的面积呈现减少趋势,园地在近10年呈现减少趋势。伴随着生产用地的不断减少,金寨县的生活用地和生态用地不断增加。

### 2.2 金寨县土地利用转型分析

1)金寨县土地利用类型转移分析。研究以土地利用的结构数量和土地动态度分析金寨县的土地利用整体变化基本特征,并通过对土地利用各类型之

表3 金寨县1999—2019年土地利用类型动态变化  
Table 3 Change of dynamic attitude of land use types in Jinzhai County from 1999 to 2019 %

土地类型 Land types	1999— 2009	2010— 2019	1999— 2019
耕地 Cropland	-2.58	-1.45	-3.66
建设用地 Built	2.60	6.71	11.05
林地 Forest	0.55	0.15	0.71
水域 Water	2.48	0.97	3.69
未利用地 Others	-7.20	-5.51	-8.74
园地 Garden	1.05	-0.09	0.95

间的转换分析得出金寨县各土地利用类型的详细变化趋势。利用公式(2)所获得的转移矩阵结果(表4~6)表明,金寨县1999—2019年的土地利用类型变化显著,变化趋势为生产用地向生活用地和生态

用地不断转化,主要由耕地和园地向建设用地和林地的转换。其中,耕地向林地转出27 100.43 hm<sup>2</sup>,转出率为37.17%;向建设用地转出5 026.37 hm<sup>2</sup>,转出率为6.90%。生产用地之间也在相互转换,主要表现为耕地向园地转化,其差值为6 751.48 hm<sup>2</sup>,表明金寨县在这20年间经济生产方式发生转变,主要原因为自“119”扶贫工程实施以来,县域大力发展板栗、茶叶、桑园产业,部分作物耕作转变为茶叶、桑树的种植,全县逐渐形成了以桑、茶、栗为主的林农副产品加工生产基地。粮食作物的播种面积大幅度减少,由2010年的31 622 hm<sup>2</sup>减少至2019年的217.55 hm<sup>2</sup>,而茶园的面积不断增加,由2010年的6 604 hm<sup>2</sup>增长到2018年的12 088 hm<sup>2</sup>,表明金寨县传统耕作正在向特色产品种植转变。

表4 金寨县1999—2009年土地利用转移矩阵

Table 4 Land use transfer matrix of Jinzhai County from 1999 to 2009

	2009							总计 Total
	耕地 Cropland	建设用地 Built	林地 Forest	水域 Water	未利用地 Others	园地 Garden	总计 Total	
1999 耕地 Cropland	40 169.78	2 413.89	21 797.70	1 580.27	319.80	6 634.44	72 915.88	
建设用地 Built	1 471.54	1 049.62	345.08	576.20	26.00	13.09	3 481.52	
林地 Forest	8 246.72	393.29	266 524.25	508.48	69.12	7 447.05	283 188.91	
水域 Water	199.90	196.66	681.46	6 387.16	12.60	2.52	7 480.30	
未利用地 Other	869.89	222.07	134.79	197.57	222.06	862.56	2 508.94	
园地 Garden	3 154.22	110.25	9 232.05	83.61	53.17	9 505.71	22 139.01	
总计 Total	54 112.05	4 385.77	298 715.33	9 333.29	702.74	24 465.37	391 714.56	

耕地在20年间的变化最为显著,面积持续降低了6.8%,其中,1999—2009年耕地主要向林地、建设用地和园地进行转化;2010—2019年向建设用地和园地转换。主要因改革开放以来,农民解决温饱问题后纷纷乱占滥用耕地,建设新房,导致大量宅基地和土地闲置,且2016年金寨县实施“1+X”村庄布点规划,不断推进新农村建设,使得耕地逐渐向建设用地转化。林地面积则在20年间持续增加了5.15%,而原有部分林地面积则转化为耕地和园地,同时向建设用地的转化也在持续增加。主要原因为“九五”至“十一五”期间,金寨县开展林业二次创业,大力发展板栗、山核桃、油茶等经济林,形成了6大林产业基地群,并在退耕还林、大别山水源涵养林建设等重点工程建设下,林地面积不断增加,森林覆盖率不断上升。造林面积由2010年的955 hm<sup>2</sup>增长到了2019年的4 110 hm<sup>2</sup>,其中梅山镇2019年的造林面积

相比2010年增长了近333 hm<sup>2</sup>。建设面积在20年间持续增加了0.98%,而原有建设用地主要向耕地和水域转化,少量面积转化为林地,但2010—2019年向林地转化的面积减少。主要原因为自1999年起,金寨县开始贯彻实施新《土地管理法》中的“耕地占补平衡”法定义务,对于乡镇土地利用和村庄建设所占用的耕地实行“占一补一”制度,在乡村建设过程中也保持耕地的动态平衡,因此,建设用地在不断增加的同时也保证部分土地转化为耕地。2006年县政府提出新农村建设,制定新农村建设总体规划,大力开展农村城镇化建设。未利用地面积则持续降低,减少了0.56%,主要向耕地和建设用地转化,其中1999—2009年部分面积向园地转化。

2)金寨县土地利用空间转移分析。在工业化、城镇化以及社会经济的驱动下,金寨县的土地利用在1999—2019年间在类型数量结构上发生了较大的变化,同时,土地利用类型转移的空间变化也较为明

表5 金寨县2010—2019年土地利用转移矩阵

Table 5 Land use transfer matrix of Jinzhai County from 2010 to 2019

hm<sup>2</sup>

	2019						
	耕地 Cropland	建设用地 Built	林地 Forest	水域 Water	未利用地 Others	园地 Garden	总计 Total
2010 耕地 Cropland	24 330.48	4 816.76	13 207.56	474.33	197.91	11 085.00	54 112.05
建设用地 Built	2 350.69	1 149.20	158.30	608.95	24.02	94.60	4 385.77
林地 Forest	12 045.74	787.82	277 975.04	251.13	47.27	7 608.34	298 715.33
水域 Water	458.49	14.13	26.91	8 829.89	0.45	3.42	9 333.29
未利用地 Others	402.85	110.05	56.07	52.83	24.43	56.52	702.74
园地 Garden	6 662.31	451.36	11 917.88	21.60	21.51	5 390.71	24 465.37
总计 Total	46 250.56	7 329.32	303 341.76	10 238.74	315.59	24 238.60	391 714.56

表6 金寨县1999—2019年土地利用转移矩阵

Table 6 Land use transfer matrix of Jinzhai County from 1999 to 2019

hm<sup>2</sup>

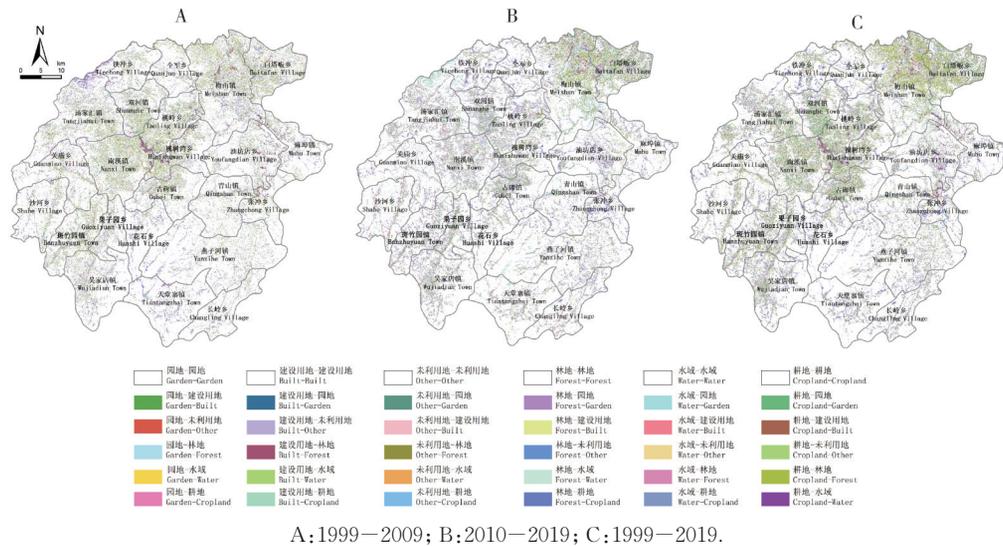
	2019						
	耕地 Cropland	建设用地 Built	林地 Forest	水域 Water	未利用地 Others	园地 Garden	总计 Total
1999 耕地 Cropland	25 865.10	5 026.37	27 100.43	2 218.02	222.24	12 483.71	72 915.88
建设用地 Built	1 541.32	669.13	428.47	635.76	15.48	191.36	3 481.52
林地 Forest	11 472.23	1034.27	262 846.04	635.87	44.76	7 155.74	283 188.91
水域 Water	496.76	43.08	595.26	6 313.03	5.58	26.59	7 480.30
未利用地 Others	1 137.92	155.06	579.79	296.46	14.76	324.95	2 508.94
园地 Garden	5 737.23	401.40	11 791.77	139.59	12.77	4 056.25	22 139.01
总计 Total	46 250.56	7 329.32	303 341.76	10 238.74	315.59	24 238.60	391 714.56

显。本研究利用 ArcGIS10.3 对金寨县 3 个时期的土地利用分类进行空间转换分析,获得了 1999—2009 年、2010—2019 年和 1999—2019 年的土地利用转换图(图 3)。1999—2019 年,金寨县土地利用转换主要集中在东北部与中部,少量分散于东部和西南部。其中,1999—2009 年,金寨县的土地利用空间转换集中于中部地区,主要为耕地向园地和林地的转换。如图 3A,双河镇、古碑镇、南溪镇和桃岭乡为农用地转换的主要聚集区域;2010—2019 年,土地利用转换主要为耕地向建设用地的转换以及林地向耕地的转换,如图 3B,其中耕地向建设用地的转换更多地集中在东北部的梅山镇和白塔畈乡。总体上,金寨县的土地利用空间转换从中部地区向东北部迁移。主要原因为金寨县全域高差较大,自东北向西南逐渐升高,而北部区域地形较为平缓,地势相对开阔,水资源丰沛,为适合人群居住的平原地区。2007 年,县政府对县城规划进行修编,将城市性质定义为国家爱国主义教育和以发展新型工业和旅游业为主的山水

园林城市,以史河为纽带,城镇向东北部的江店方向发展,使江店城区和梅山城区形成两大组团,因此,城镇土地利用空间呈现从中部向东北部转移趋势。

### 2.3 景观格局演变分析

1) 景观重心转移分析。利用 ArcMap 10.3 中的平均中心工具,并结合公式(3)和公式(4)计算出金寨县 1999、2009 和 2019 年各个景观类型迁移方向(图 4)和迁移距离(表 7)。1999—2019 年,金寨县的未利用地重心迁移明显,向北偏东方向迁移了 19.42 km,其次重心迁移明显的为建设用地和园地。建设用地重心在 20 年间朝正南方向持续迁移了 3.73 km,说明金寨县 2000 年兴起的房地产开发热使得建设用地重心朝南方迁移,其县城面积不断在向南方扩大,但目前主要生活空间仍聚集在梅山镇。园地重心目前处于向东南方向迁移趋势,1999—2009 年,园地重心向西北方向偏移 1.96 km;2010—2019 年,向东南方向偏移 4.65 km。20 世纪末,县政府调整农业结构,致力于发展开发性农业,县域西南中山区、中部



A:1999—2009; B:2010—2019; C:1999—2019.

图3 金寨县土地利用空间转移图

Fig.3 Spatial transfer map of land use in Jinzhai County

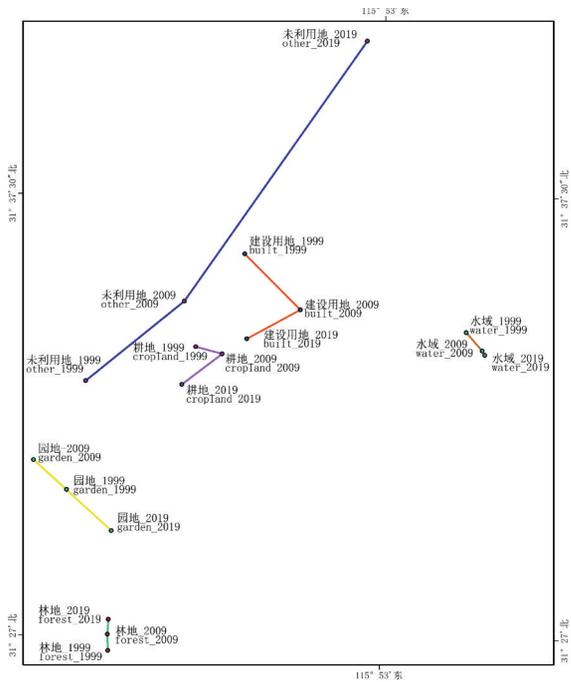


图4 金寨县1999—2019年各景观类型重心迁移方向图

Fig.4 Direction map of gravity shift of landscape types in Jinzhai County from 1999 to 2019

低山区、梅山和响洪甸水库沿线等地皆重点发展经济果林、茶叶、板栗和蚕桑等产业,使得园地不断向东南方向迁移。耕地、林地和水域在20年间的重心迁移距离分别为1.77、1.37、1.29 km,变化相对缓慢,说明由于金寨县城镇用地扩张、人类活动的干扰、生态环境的破坏,可能导致了耕地被占用、林地被开发、水土流失等情况,使得生态空间重心朝南部迁移。

2)类型水平上景观格局变化特征。从不同景观类型的变化来看(图5),1999—2019年,林地的斑块

类型面积(CA)逐渐增加,斑块数量(NP)逐年减少,最大斑块指数(LPI)和聚集度(AI)不断增长,且林地的LPI值达到45%以上。林地在金寨县的景观中占据主要地位,是金寨县的优势景观,其破碎化程度逐渐降低,这说明这20年里金寨县对林地采取的封山育林、植树造林、采种育苗等措施起到了一定的保护作用,有利于金寨县国土生态安全和物种多样性保护。研究期间,耕地的CA与LPI逐年减少,说明耕地面积逐渐降低,其在金寨县景观格局中面积逐渐减少,但目前耕地仍是仅次于林地的优势景观;其NP逐渐增大、AI显著降低,说明耕地的破碎化程度逐渐增大,趋向于分散耕种,表明金寨县的现代化发展、城镇扩张及农业发展结构的变化对耕地产生了一定影响。园地的CA与NP先增后减,LPI逐年减少而趋向于0,AI持续增长,表示园地前期因分散分布而导致其破碎化程度增加,后受园地面积减少、耕地撂荒等影响,其破碎化程度降低,在景观格局中面积越来越少。建设用地的CA与NP持续增加,AI增长并逐渐平缓,说明建设用地类型在金寨县景观中持续增长,其破碎度相对增强,但其聚集度逐渐增加。水域的CA、AI与LPI逐年增加,NP先减后增,表明水域受水文变化和人类活动干扰的影响,破碎化程度相对增大,但大面积水域还是相对聚集。金寨县的未利用地的CA与NP逐年降低,AI先增后减,LPI趋于0,表示随着现代化发展,金寨县的未利用土地逐渐减少,破碎度减弱,是极不具有优势的景观类型。

表 7 金寨县 1999—2019 年各景观类型重心变化情况

Table 7 Changes of gravity center of various landscape types in Jinzhai County from 1999 to 2019

景观类型 Landscape types	1999—2009		2010—2019		1999—2019	
	迁移方向 Migration direction	迁移距离/km Migration distance	迁移方向 Migration direction	迁移距离/km Migration distance	迁移方向 Migration direction	迁移距离/km Migration distance
耕地 Cropland	东偏南 East by south	1.21	西南 Southwest	2.23	南偏西 South by west	1.77
林地 Forest	正北 Due north	0.72	正北 due north	0.65	正北 due north	1.37
园地 Garden	北偏西 North by west	1.96	南偏东 South by east	4.65	东南 Southeast	2.68
水域 Water	南偏东 South by east	1.08	南偏东 South by east	0.22	南偏东 South by east	1.29
建设用地 Built	南偏东 South by east	3.48	西偏南 West by south	2.68	正南 Due south	3.73
未利用地 Others	东北 Northeast	5.59	北偏东 North by east	13.98	北偏东 North by east	19.42

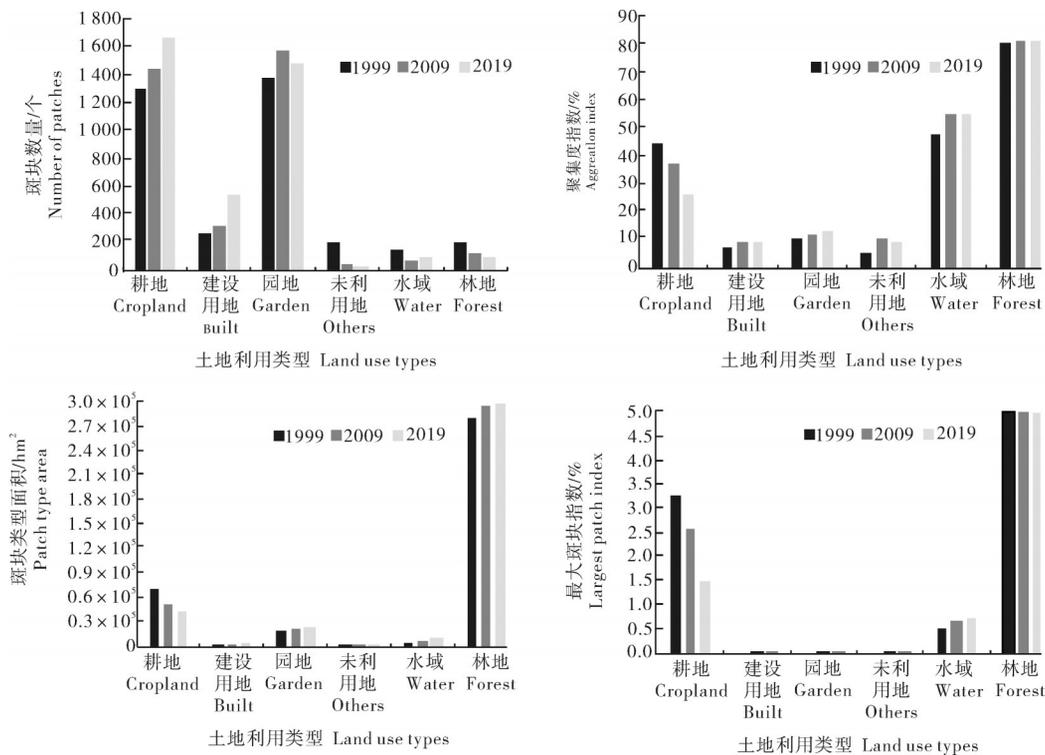


图 5 金寨县 1999—2019 年类型水平景观指数特征

Fig.5 Characteristics of landscape index at type level in Jinzhai County from 1999 to 2019

3) 景观水平上景观格局变化特征。1999—2019 年金寨县的景观形状指数 (LSI) 先减小后增大, 其间, 1999—2009 年金寨县各景观类型形状趋于规则化, 分布较集中; 2010—2019 年各景观类型逐渐分散, 离散度增加。蔓延度 (CONTAG) 和聚集度 (AI) 指数皆是先增长后降低, 说明 1999—2009 年间金寨县各景观类型分布较为聚集, 具有较好的连通性, 但 2010—2019 年景观破碎化程度增大, 各景观类型间断分布, 逐渐分化成较小斑块, 景观连通性变差; 景观分离度 (DIVISION)、Shannon 均匀度指数 (SHEI)

与 Shannon 多样性指数 (SHDI) 持续降低, 且 1999—2009 年变化程度较大, 表明各景观类型逐渐集中分布, 但斑块较为不规则, 呈现多样化特征, 且斑块数量逐年减少, 各景观类型面积比重逐渐失衡, 景观均匀度、异质性降低 (表 8)。总体来说, 金寨县整体景观破碎度增大, 各景观类型平均斑块面积减少, 分化出多个细小斑块导致景观连通性降低, 表明城乡住宅、公共设施用地、工业用地、交通设施等地的开发, 使得各景观类型被分割, 进而斑块不规则化。

表8 金寨县1999—2019年景观水平指数特征

Table 8 Characteristics of landscape level index in Jinzhai County from 1999 to 2019

年份 Years	景观形状指数(LSI) Landscape shape index	蔓延度指数 (CONTAG) Contagion index	景观分离度 (DIVISION) Landscape division	Shannon多样性 指数(SHDI) Shannon diversity index	Shannon均匀度 指数(SHEI) Shannon evenness index	聚集度指数(AI) Aggregation index
1999	25.577 1	55.365 5	0.754 7	1.201 1	0.617 3	80.730 6
2009	24.803 4	56.737 2	0.727 5	1.169 7	0.601 1	81.341 3
2019	25.378 5	56.681 7	0.719 2	1.165 7	0.599 1	80.875 7

## 2.4 景观格局演变驱动力分析

1) 景观格局演变驱动力体系构建。根据研究侧重点不同,已有的相关研究将景观格局驱动力因素分为自然与人文两大类<sup>[21-22]</sup>或时间和空间两大类<sup>[23]</sup>开展分析,也有学者仅对人文活动类因素<sup>[24]</sup>展开讨论。景观格局在不同的研究背景下会受到不同维度的驱动因子的影响而发生变化,而从土地利用转型的过程可以看出,人文活动对景观格局的影响相对于自然因素占据更加关键的主导地位<sup>[25]</sup>,因此本研究重点探讨社会发展与建设对金寨县景观格局演变的影响。借鉴学者们对于驱动力的研究及金寨县现状特点<sup>[26-28]</sup>,研究选取了与金寨县发展密切相关的社会发展与建设的相关指标,从国土空间规划体系下的“三生”功能的角度出发,构建金寨县景观格局

演变驱动力体系,对城镇宏观层面的空间布局和功能组合具有一定的指导意义。

本研究将驱动因子分为经济发展、产业水平、人口情况、生活水平和环境治理5个维度,共17个指标(表9)。各驱动因子的测算皆使用了1999—2019年间的动态变化数据,其中,1999—2009年的数据来源于《金寨县志(1988—2007)》《安徽省统计年鉴》及金寨县统计局发送的国民经济资料(word文件);2010—2019年数据来源于《金寨县国民经济和社会发展统计公报(2010—2019)》。本研究利用SPSS软件中的因子分析对各驱动因子采用主成分分析,首先为消除数据量纲的影响,对17个变量因子进行标准化处理,并设置因子代码X1~X17。

表9 金寨县景观格局演变的驱动力体系构建

Table 9 Construction of driving force system of landscape pattern evolution in Jinzhai County

“三生”功能 Production-living- ecological func- tions	维度 Dimensions	指标 Indicators	因子代码 Factor codes	
生产 Production	经济发展 Economic development	人均GDP/元 Per capita GDP	X1	
		地区生产总值/万元 Gross regional product	X2	
		地方财政收入/万元 Local fiscal revenue	X3	
	产业水平 Industrial level	全社会固定资产投资/万元 Investment in fixed assets of the whole society	X4	
		第一产业总值占比/% Gross value of primary industry	X5	
		第二产业总值占比/% Gross value of secondary industry	X6	
	生活 Living	环境治理 Environ- mental governance	第三产业总值占比/% Gross value of tertiary industry	X7
			工业总产值/亿元 Gross industrial output value	X8
			化肥使用量(折纯)/t Amount of chemical fertilizer used (converted to pure)	X9
耕地有效灌溉面积/hm <sup>2</sup> Effective irrigated area of cultivated land			X10	
生态 Ecological	人口情况 Population situation	年末总人口/万人 Total population at the end of year	X11	
		农业人口/万人 Agricultural population	X12	
		生活 Living	农村居民人均可支配收入/元 Per capita disposable income of rural residents	X13
			农村用电量/(×10 <sup>4</sup> kW) Rural electricity consumption	X14
			社会消费品零售总额/万元 Total retail sales of social consumer goods	X15
生态 Ecological	环境治理 Environ- mental governance	人工造林面积/hm <sup>2</sup> Artificial afforestation area	X16	
		水土流失治理面积/(×10 <sup>3</sup> hm <sup>2</sup> ) Soil and water loss control area	X17	

2)景观格局演变驱动因素。通过主成分分析中KMO和巴特利特检验显示,KMO值为0.747>0.600,显著性 $P$ 为 $0.000 < 0.050$ ,表明驱动力变量因子可以使用主成分分析。从表10可知,特征值大于1的有3个主成分,且累计解释率为90.717%,超过了85.000%,说明前3个主成分可以很好地代替原来的17个变量,因此提取前3个主成分进行指数计算。根据旋转后的成分矩阵可以看出,第一主成分中全社会固定资产投资额、地方财政收入、社会消

费品零售总额、人均GDP、农村用电量等因子载荷较大,这些变量因子主要反映了社会经济的发展情况,因此,将第一主成分定义为社会经济发展。第二主成分中的化肥使用量(折纯)、第一产业占比、第二产业占比、第三产业占比、年末总人口等因子载荷较大,因此,定义第二主成分为人口与产业发展。第三主成分中的水土流失治理面积和人工造林面积的载荷较大,因此,定义第三主成分为生态治理。

表10 主成分总方差解释

Table 10 Explanation of total variance of principal components

%

成分 Components	初始特征值 Initial eigenvalue			提取载荷平方和 Extract the sum of load squares			旋转载荷平方和 Square sum of rotational load		
	总计 Total	方差 Variance percentage	累积 Cumulative	总计 Total	方差 Variance percentage	累积 Cumulative	总计 Total	方差 Variance percentage	累积 Cumulative
1	12.595	74.086	74.086	12.595	74.086	74.086	7.938	46.694	46.694
2	1.723	10.133	84.219	1.723	10.133	84.219	5.739	33.761	80.455
3	1.104	6.492	90.711	1.104	6.492	90.711	1.744	10.256	90.711

第一主成分社会经济发展是影响金寨县景观格局变化的主导因素,与X1、X2、X3、X4、X10、X12、X14、X15有较大相关。其中,全社会固定资产投资额和地方财政收入2个因子的关联度都达到了90%以上。1999—2019年,金寨县的地方财政收入、人均GDP和全社会固定资产投资额都持续上升,其中,人均GDP、农村居民人均可支配收入由1999年的2462、1611元增长到2009年的7636、3783元,再到2019年的34856、12351元(图6)。同时,农村用电量与水土流失治理面积也在持续增长。由此可以看出,金寨县在研究时段内社会经济保持增长态势,人民生活水平得到较大提升,但伴随着城镇经济快速的发展,社会投资项目增多、外来企业越来越多地进驻、大量未利用地被开发和耕地面积被压缩,导致金寨县景观格局破碎化程度增大,细小的不规则斑块

增多。

第二主成分人口与产业发展与第一、二、三产业占比、年末总人口、化肥使用量(折纯)和工业总产值的相关性较大,均达到65%以上。研究时段内,金寨县第一产业占比逐年下降,由1999年的37.46%降低至2019年的11.10%;第二产业占比则在40%上下波动;第三产业占比不断上升,由1999年的24.01%增长至2019年的45.86%(图7),并且1999—2019年金寨县的总人口呈持续增长的趋势,化肥施用量和工业总产值也是呈直线上升趋势。2007年,县政府在原有工业发展基础上建立了梅山、古碑、斑竹园3个工业聚集区;2004年,县政府制定《金寨县旅游总体规划(2004—2020年)》,不断开发金寨县丰富的旅游

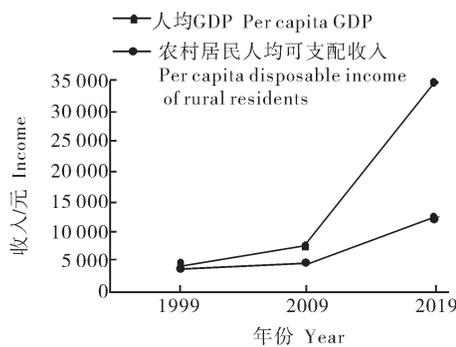


图6 金寨县1999—2019年人均收入

Fig.6 Per capita income of Jinzhai County from 1999 to 2019

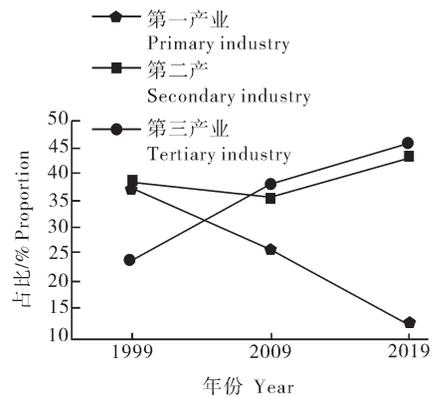


图7 金寨县1999—2019年产业结构

Fig.7 Industrial structure of Jinzhai County from 1999 to 2019

资源,大力发展旅游业。城镇第二、三产业的兴盛使得第一产业从业人口不断向第二、三产业转移,从而导致第一产业产值降低。城乡一体化的发展政策促进了城乡道路的连通、城镇的开发扩张和公共基础设施的完善,最终导致建设用地需求增大、部分生产用地和生态用地被侵占。

第三主成分生态治理对景观格局变化的影响相对而言较小。研究时段内,金寨县人工造林面积呈现不稳定态势,相对而言,1999—2009年的人工造林总面积较2010—2019年多;水土流失治理面积则稳定升高。在政府大力推行水土治理、退耕还林和森林生态补偿<sup>[29]</sup>等政策的背景下,金寨县林地面积稳定增长,水资源得到可持续保护。

### 3 讨论

在城镇化和现代化的社会经济驱动下,金寨县近20年来的土地利用调整频繁而复杂,其不断开发未利用地,并减少耕地和园地,以增加建设用地的面积,而景观格局也随之有了较大转变。整体景观格局在1999—2009年分布呈现集中态势,连通性较好;2010—2019年间景观格局破碎度增大,各斑块呈现不规则形态,景观类型间断分布且类型比重失衡,景观异质性和均匀度降低,生态空间重心朝南部迁移。研究对景观格局的演变驱动因素分析发现,社会经济发展是金寨县景观格局演变的主要驱动因素,人口与产业发展为次要驱动因素。其中地方政府吸引外来投资项目的大量涌入、第三产业产值的增加及城镇开发扩张等因素对金寨县景观格局的破碎化和异质性产生了较大的影响。

自“中部崛起”战略实施以来,大别山区城镇快速发展,然而生产建设和资源开发不合理导致近年来水土流失严重<sup>[30]</sup>。此处大别山区腹地的金寨县的城镇用地扩张和社会生产活动在为社会经济带来提速发展的同时,也导致了耕地被占用、林地被开发、水土流失等一系列生态失调情况,给可持续发展带来了较大负面影响。尽管近年来金寨县政府已采取系列举措保护林地与水资源,未来仍然需要警惕耕地和园地的减少对粮食安全产生的威胁,以及未利用地预留不足无法为城乡统筹发展的土地利用周转给予足够支撑等问题。因此,在未来发展中,金寨县不可盲目扩张城镇和开展项目建设,而应综合考虑经济、产业发展和城镇扩张等情况对土地利用及景观格局带来的影响,集约土地,注重“三生”空间的可持续发展。

随着乡村振兴战略的提出,山区开始加速向城镇化方向发展,土地不断开发,土地功能不断改变,

同时山区的生态系统服务价值开始退化,而地形复杂、生境脆弱的山区所受的影响尤为明显。本研究对大别山区景观格局的研究可丰富山地生态学研究成果,并可为未来大别山区土地利用和生态安全规划提供一定参考。由于研究范围与研究目的不同,对土地利用类型的划分有所侧重,研究重点是从宏观上把握各地类的整体转换方向,而对微观变化的掌握具有一定局限性。在未来研究中可选用更高分辨率的遥感影像数据,对林地类型进一步的细化。同时受限于数据可用性,本研究仍有不足有待完善,其一,不同年份所使用的的遥感影像数据存在时段差异,虽与相关资料校验后认为对研究结果的精确度影响较小,但客观上仍存在一定误差;其二,研究中采用的景观指数停留在二维层面;其三,研究仅分析了社会人文活动方面的驱动力因素,未对自然条件的变化和地方政府的政策等因素展开讨论。未来研究将进一步搜集数据和专家意见,考虑通过三维景观指数的使用,更加准确地反映山地区域的竖向景观格局变化情况,同时深化驱动力因素研究,综合考虑社会、自然和政策三方面因素的影响,并提出科学全面的土地利用和景观格局优化实施策略。

### 参考文献 References

- [1] 龙花楼. 土地利用转型——土地利用/覆被变化综合研究的新途径[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(1): 87-90. LONG H L. Land use transition: a new integrated approach of land use/cover change study[J]. Geography and territorial research, 2003, 19(1): 87-90 (in Chinese with English abstract).
- [2] GRAINGER A. National land use morphology: patterns and possibilities[J]. Geography, 1995, 80(3): 235-245.
- [3] 龙花楼. 中国农村宅基地转型的理论及证实[J]. 地理学报, 2006, 61(10): 1093-1100. LONG H L. Rural housing land transition in China: theory and verification[J]. Acta geographica sinica, 2006, 61(10): 1093-1100 (in Chinese with English abstract).
- [4] 张佰林, 高江波, 高阳, 等. 中国山区农村土地利用转型解析[J]. 地理学报, 2018, 73(3): 503-517. ZHANG B L, GAO J B, GAO Y, et al. Land use transition of mountainous rural areas in China[J]. Acta geographica sinica, 2018, 73(3): 503-517 (in Chinese with English abstract).
- [5] 龙花楼, 屠爽爽. 土地利用转型与乡村振兴[J]. 中国土地科学, 2018, 32(7): 1-6. LONG H L, TU S S. Land use transition and rural vitalization[J]. China land science, 2018, 32(7): 1-6 (in Chinese with English abstract).
- [6] 罗惠, 胡守庚, 吴思. 中国土地利用转型研究动态与发展趋势[J]. 中国国土资源经济, 2019, 32(3): 65-74. LUO H, HU S G, WU S. Research trends and development trends of land use transformation in China[J]. Natural resource economics of China, 2019, 32(3): 65-74 (in Chinese with English abstract).
- [7] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2007. WU J G. Landscape ecology[M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 2007 (in Chinese).

- [8] 张秋菊,傅伯杰,陈利顶.关于景观格局演变研究的几个问题[J].地理科学,2003,23(3):264-270.ZHANG Q J,FU B J,CHEN L D.Several problems about landscape pattern change research[J].Scientia geographica sinica,2003,23(3):264-270 (in Chinese with English abstract).
- [9] 郜红娟,韩会庆,罗绪强.中国西南山区公路沿线乡村聚落景观格局演变[J].地域研究与开发,2016,35(3):139-143.GAO H J,HAN H Q,LUO X Q.Effects of roads on rural settlement landscape pattern in mountain areas of southwest China[J].Areal research and development,2016,35(3):139-143 (in Chinese with English abstract).
- [10] 康志慧.生态环境视角下陕南低山丘陵区乡村聚落景观特征研究——以商洛市崔坪村为例[D].西安:长安大学,2018.KANG Z H.Study on the landscape characteristics of rural settlements in the southern Shaanxi Province from the perspective of eco-environment: a case study of Cuiping Village in Shangluo City[D].Xi'an:Changan University,2018(in Chinese with English abstract).
- [11] 韩亚芝.低山丘陵区农村居民点用地空间布局演变及优化研究——以通山县为例[D].武汉:华中师范大学,2020.HAN Y Z.Study on spatial layout evolution and optimization of rural residential area in low mountain and hilly area: a case of Tongshan County [D]. Wuhan: Central China Normal University, 2020(in Chinese with English abstract).
- [12] 李金珂.秦巴山区农村居民点景观格局空间差异及演变研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2019.LI J K.Spatial differences and evolution of landscape patterns of rural residential areas in Qinling-Daba mountains[D].Yangling:Northwest A & F University,2019(in Chinese with English abstract).
- [13] 董小俊.南方红壤丘陵区森林景观格局分析和优化研究——以赣江流域为例[D].北京:首都师范大学,2014.DONG X J. Analysis and optimization of forest landscape pattern in red soil hilly area of South China[D].Beijing:Capital Normal University,2014(in Chinese with English abstract).
- [14] 钱凤魁,董婷婷,王秋兵.低山丘陵区不同坡度级耕地景观格局特征分析[J].沈阳农业大学学报,2013,44(6):766-770.QIAN F K,DONG T T,WANG Q B.Analysis of farmland landscape characteristics of different gradient level low mountains and hills[J].Journal of Shenyang Agricultural University,2013,44(6):766-770(in Chinese with English abstract).
- [15] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.LIU J L,LIU Y S,LI Y R. Classification evaluation and spatial-temporal analysis of “production-living-ecological” spaces in China [J]. Acta geographica sinica, 2017, 72(7): 1290-1304 (in Chinese with English abstract).
- [16] 朱会义,李秀彬.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论[J].地理学报,2003,58(5):643-650.ZHU H Y,LI X B. Discussion on the index method of regional land use change[J]. Acta geographica sinica, 2003, 58(5): 643-650 (in Chinese with English abstract).
- [17] 程水英.疏勒河流域景观动态变化研究[D].西安:西北大学,2004.CHENG S Y.Study on landscape dynamics variation in Shule River Basin[D].Xi'an:Northwest University,2004 (in Chinese with English abstract).
- [18] 何鹏,张会儒.常用景观指数的因子分析和筛选方法研究[J].林业科学研究,2009,22(4):470-474.HE P,ZHANG H R. Study on factor analysis and selection of common landscape metrics [J]. Forest research, 2009, 22(4): 470-474 (in Chinese with English abstract).
- [19] 陈文波,肖笃宁,李秀珍.景观指数分类、应用及构建研究[J].应用生态学报,2002,13(1):121-125.CHEN W B,XIAO D N,LI X Z. Classification, application, and creation of landscape indices [J]. Chinese journal of applied ecology, 2002, 13(1): 121-125 (in Chinese with English abstract).
- [20] 张文霖.主成分分析在SPSS中的操作应用[J].市场研究,2005(12):31-34.ZHANG W L. Operational application of principal component analysis in SPSS [J]. Marketing research, 2005(12):31-34 (in Chinese).
- [21] 曹嘉铄,邓政宇,胡远东,等.神农架林区景观格局时空演变及其驱动力分析[J].浙江农林大学学报,2021,38(1):155-164.CAO J S,DENG Z Y,HU Y D, et al. Spatial and temporal evolution and driving forces of the landscape pattern in Shennongjia Forestry District [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2021, 38(1): 155-164 (in Chinese with English abstract).
- [22] 张潇,张晓瑶,陆林,等.旅游干扰下流域多尺度景观格局演化特征及驱动因素——以新安江流域为例[J].生态学报,2021,41(9):3415-3428.ZHANG X,ZHANG X Y,LU L, et al. Evolution characteristics and driving factors of basin multi-scale landscape pattern under the tourism disturbances: a case study of the Xin'an River Basin [J]. Acta ecologica sinica, 2021, 41(9):3415-3428 (in Chinese with English abstract).
- [23] 陈琴.山地区域土地利用景观格局-功能耦合与优化研究——以重庆市石柱县为例[D].重庆:西南大学,2019.CHEN Q. The research on the coupling and optimization of land use landscape pattern and function in mountainous areas: a case study of Shizhu County, Chongqing [D]. Chongqing: Southwest University, 2019 (in Chinese with English abstract).
- [24] 杨阳,唐晓岚,李哲惠,等.长江流域土地利用景观格局时空演变及驱动因子——以2008—2018年为例[J].西北林学院学报,2021,36(2):220-230.YANG Y,TANG X L,LI Z H, et al. Spatial-temporal evolution of landscape pattern of land use in the Yangtze River Basin and analysis of its driving factors: a case study from 2008 to 2018 [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2021, 36(2): 220-230 (in Chinese with English abstract).
- [25] 刘永强,龙花楼.黄淮海平原农区土地利用转型及其动力机制[J].地理学报,2016,71(4):666-679.LIU Y Q, LONG H L. Land use transitions and their dynamic mechanism in the Huang-Huai-Hai Plain [J]. Acta geographica sinica, 2016, 71(4):666-679 (in Chinese with English abstract).
- [26] 赵阳,余新晓,贾剑波,等.红门川流域土地利用景观动态演变及驱动力分析[J].农业工程学报,2013,29(9):239-248.ZHAO Y,YU X X,JIA J B, et al. Analysis on dynamic evolution and driving force of land-use landscape in Hongmenchuan Basin [J]. Transactions of the CSAM, 2013, 29(9): 239-248 (in Chinese with English abstract).
- [27] 陆风连,王新闯,张合兵,等.1980—2015年焦作矿区景观格局演变及驱动力分析[J].水土保持研究,2018,25(4):237-243.LU F L,WANG X C,ZHANG H B, et al. Landscape pattern change and its driving force in Jiaozuo mining area from 1980 to 2015 [J]. Research of soil and water conservation, 2018, 25(4): 237-243 (in Chinese with English abstract).
- [28] 王继夏,孙虎,李俊霖,等.秦岭中山区山地景观格局变化及驱动力分析——以宁陕县长安河流域为例[J].山地学报,

- 2008, 26(5): 546-552. WANG J X, SUN H, LI J L, et al. An analysis on the landscape pattern changes and driving force in medium mountain areas of the Qinling Mountains: a case study of Chang'an River Basin of Ningshan County [J]. Journal of mountain science, 2008, 26(5): 546-552 (in Chinese with English abstract).
- [29] 张晓玲, 周结斌. 安徽省大别山地区生态补偿现状、问题和建  
议[J]. 治淮, 2016(12): 47-49. ZHANG X L, ZHOU J B. Present  
situation, problems and suggestions of ecological compen-  
sation in Dabie Mountain area of Anhui Province [J]. Zhi Huai,  
2016(12): 47-49 (in Chinese).
- [30] 赵明松, 李德成, 程先富, 等. 皖西大别山区土壤侵蚀空间分  
布特征及与地形的关系[J]. 安徽师范大学学报(自然科学  
版), 2017, 40(3): 265-270. ZHAO M S, LI D C, CHENG X  
F, et al. Spatial characteristics of soil erosion and its relationship  
to topography in Dabie Mountains of West Anhui [J]. Journal  
of Anhui Normal University (natural science), 2017, 40(3):  
265-270 (in Chinese with English abstract).

## Evolution and driving forces of landscape pattern in Dabie Mountain Areas affected by land use transformation: a case study of Jinzhai County, Lu'an City, Anhui Province

ZHANG Yunbin, WANG Yun, CHEN Jingyuan, SUN Ruoxuan

*School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China*

**Abstract** The rapid development of urbanization leads to the transformation of land use form and function, especially in mountainous areas. At the same time, the change of landscape pattern is a prominent symbol of land use transformation, and it is of great significance to explore the relationship between them for land use and ecological management in mountainous areas. Three remote sensing satellite image data of Jinzhai County in Dabie Mountains in 1999, 2009 and 2019 were used to quantitatively analyze the landscape pattern evolution characteristics of Jinzhai County by using land use transfer matrix and landscape pattern index, and study the driving forces of landscape pattern evolution of Jinzhai County by using principal component analysis. The results showed that the transformation of land use in Jinzhai County from 1999 to 2019 was characterized by the transformation from production land to living land and ecological land, with the highest transformation rate and continuous growth of construction land. The area of cultivated land and unused land decreased. The forest land and water area continued to grow steadily. In terms of type, it was mainly the conversion between cultivated land, construction land, unused land and forest land. In space, the land use transformation in Jinzhai County was mainly concentrated in the central region from 1999 to 2009, and mainly concentrated in the northeast region from 2010 to 2019. During the period, the fragmentation of landscape pattern in Jinzhai County increased, landscape heterogeneity and evenness decreased, and irregular patches increased. From 2010 to 2019, various landscape types were distributed intermittently, and landscape connectivity decreased. The comprehensive action of five driving forces of Jinzhai County including economic development, industrial level, population situation, living standard and governance environment led to the transformation of land use and the change of landscape pattern. Among them, socio-economic development was the main driving factor of landscape pattern change in Jinzhai County, while population and urban construction were the secondary driving factors. In the future, further optimized method of measuring landscape pattern evolution and in-depth studies on driving factors should be considered. The scientific and comprehensive uses of land and optimization strategies for landscape pattern are proposed.

**Keywords** land use transformation; landscape pattern; evolution characteristics; driving force; principal component analysis; Dabie Mountain Area

(责任编辑: 陆文昌)