

DOI: 10.5846/stxb201810232294

陈会, 李阳兵, 盛佳利. 基于土地利用变化的贵州坝子土地利用功能演变研究. 生态学报, 2019, 39(24): 9325-9338.

Chen H, Li Y B, Sheng J L. Study on the evolution of land use function of basins based on land use change in Guizhou Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(24): 9325-9338.

基于土地利用变化的贵州坝子土地利用功能演变研究

陈 会, 李阳兵*, 盛佳利

贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001

摘要: 贵州省为典型喀斯特山区, 强烈的人类活动主要分布在坝地地区, 研究坝子土地利用功能演变对土地可持续利用具有重要价值。基于土地利用变化, 根据三生功能理论构建土地利用功能分类体系, 以贵州省 1990 年、2000 年、2010 年和 2016 年四期遥感影像为数据源, 借助 ArcGIS10.2 软件平台构建土地利用功能转移矩阵和坝子功能冷热点分布图。研究表明: (1) 贵州省坝子土地利用功能已由以传统农业生产功能为主转为以传统农业生产功能-农村居住生活功能为主, 坝子土地利用由单一功能向多功能转变; (2) 1990—2016 年, 坝子的功能类型增加 10 种类型, 其中 8 类是复合类型, 坝子功能向多样性转变; (3) 单一功能与复合功能坝子比例变化曲线呈“X”型, 到 2016 年, 复合功能坝子比例大于单一功能坝子; (4) 1990—2000 年, 坝子土地利用功能变化缓慢, 2000 年以后坝子土地利用功能变化强烈; (5) 传统农业生产功能转移最为强烈, 主要转移为城镇居住生活功能、农村居住生活功能、工业生产功能及与之相关的复合功能和自然生态功能; (6) 各种功能类型坝子冷热点的空间分布变化复杂, 从总体上看各功能的空间分布由集聚变为分散。

关键词: 贵州; 坝子; 土地利用变化; 功能; 多功能性

Study on the evolution of land use function of basins based on land use change in Guizhou Province, China

CHEN Hui, LI Yangbing*, SHENG Jiali

School of Geography and Environmental Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China

Abstract: Guizhou Province is a typical karst mountainous area where strong human activities are concentrated in the basin region; therefore, it is of great value to study the evolution of land use function to enhance sustainable usage of the basin area. Based on land use change, this paper uses the theory of Ecological-production-living function to construct a classification system of land use function using remote sensing image data of Guizhou Province in 1990, 2000, 2010, and 2016 generated through ArcGIS10.2 software to construct a land use function transfer matrix and basin functional hot spot analysis distribution map. The results show that: (1) The land use function in Guizhou basins has shifted from the single-function dominance of traditional agricultural production to multi-functional dominance of traditional agricultural production and rural living functions. (2) From 1990 to 2016, basin function increased 10 types, 8 of which are composite types, diversifying the function of the basin; (3) The basins ratio change curve for single function and composite functions is "X" type, and by 2016 the proportion of composite-function basins was greater than that of single-function basins; (4) The basin's land use function changed slowly between 1990 to 2000; after 2000, the basin changed rapidly; (5) Functional shifts were the strongest from traditional agricultural production, which mainly change to urban living, rural living, industrial production, associate compound, and natural ecological functions; (6) The spatial distribution of hot spots in

基金项目: 国家自然科学基金项目(41661020); 贵州省科技计划项目(黔科合平台人才[2017]5726 号)

收稿日期: 2018-10-23; **网络出版日期:** 2019-09-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: li-yapin@sohu.com

various functional types of the basin are changing in a complicated manner; as a whole, the spatial distribution of each function has changed from agglomeration to dispersion.

Key Words: Guizhou; basin; land use change; functions; multi-functionality

土地作为人类活动的载体,为人类提供产品和服务^[1],关系着人类的生存、生活、生产和发展,影响人类的社会、经济、政治等各个领域。人类因层次和发展阶段不同,对土地需求不同,在自然条件、社会经济和政策等的导向下使土地利用不断变化,形成不同土地利用结构,结构决定功能^[2]。土地利用变化是全球变化的决定性因素之一^[3-4]。为了人类社会的可持续发展,所以要探寻土地利用的可持续性。土地利用形态包括显性形态和隐形形态^[5],即空间形态和功能形态^[6]。而土地利用可持续性功能是目标^[7]。

土地利用功能(LUFs)是指不同土地利用方式所提供的产品和服务^[8];随着社会发展,驱动着土地利用功能由单一变得多样性,即土地利用多功能性^[9],土地利用多功能性指一个区域土地利用功能及其环境、经济和社会功能的状态和表现,是评价土地利用变化对功能影响的重要概念,通常以土地利用功能表示^[10],任何有人类活动的土地都有多功能属性^[11];多功能性的概念源于农业^[12-13],后发展到土地利用领域^[14],如今土地利用多功能性内涵界定已达到成熟,但是具体分类标准未统一,指标体系不完善,评价方法单一^[15]。土地利用/覆盖变化(LUCC)的国际前沿热点正从结构和格局演变研究向土地利用多功能可持续性发展转变^[16]。当前,土地利用多功能性的应用研究薄弱,未来研究的主要内容为从时空尺度研究土地利用多功能性的演变过程、区域效应、驱动机制及优化调控^[17]。

西南岩溶山地的坝子近年来也引起了不少研究者的关注,如李倩等^[18]利用土地利用数据、数字高程模型、生态功能定位及制约条件,估算云南贵州两省可利用坝区面积。而杨子生等^[19]利用坝区土地面积比例、耕地面积比例、面积 $\geq 100\text{km}^2$ 坝子个数和坝区土地综合指数对云南省 129 个县进行坝区县、半山半坝县、山区县的划分。Zhao 等^[20]则是利用探索性空间数据分析研究了贵州省县域山地类型与土地利用程度的空间耦合关系,从而为贵州省土地资源合理利用提供参考。对于坝子的定义,童绍玉等^[21]认为坝子是四周较高,中间较低平,中间地面坡度在 8° 或 12° 以下的小型河谷冲积平原、山间中小型盆地、起伏较平缓的高原面等地貌类型。张述清等^[22]根据云南的实际情况,认为坝子是以县(市、区)为单位,面积大于 1km^2 且坡度在 8° 以下的区域。李阳兵等^[23]认为坝子是形状较为规则,面积较大且比较宽阔的区域。

贵州省是典型的喀斯特地貌,境内山多、丘陵多、坝地少。坝子内部地形平坦、土壤肥沃、水资源相对充足,是土地资源的精华部分,能够为人类提供各类的产品和服务。坝子不仅是主要粮食生产基地也是人类活动中心^[24],要同时满足人们吃饭、建设、生态保护的三个难题^[25-26]。但现有关于坝子的研究集中在坝子分类、空间分布和耕地保护等方面,对坝子的土地利用时空变化、对当前已突出显现的坝子土地利用功能转型、土地利用功能多样性演变等仍缺认识。因此,研究坝地地区的土地利用功能的演变对于贵州省的可持续发展至关重要。本文借鉴土地利用多功能性相关内涵、分类标准、评价体系、研究方法等,从贵州省实际出发建立适合坝子的土地利用功能分类体系,并在此基础上分析了贵州省坝子土地利用功能多样性演变过程,了解土地利用功能类型在坝子间的数量分布、功能转换、功能空间分布变化规律,挖掘内在驱动力和外部影响,提出高农业生产价值坝子保护建议,从而为贵州即将开展的将 33.3hm^2 以上大坝进行产业结构调整政策和打赢脱贫攻坚战提供科学的参考,以及为贵州省坝子土地持续利用提供科学的依据。

1 研究区概况

贵州省位于东经 $103^\circ 36' - 109^\circ 35'$ 、北纬 $24^\circ 37' - 29^\circ 13'$ 之间。境内地势西高东低,平均海拔在 1100m 左右,土地资源以山地、丘陵为主,平坝区较少,2016 年全省土地面积 17.61 万 km^2 ,其中山地面积占全省土地总面积的 61.70% ,丘陵占 31.10% ,山间平坝区仅占 7.50% ^[27]。2015 年,全省总人口为 3530 万人,到 2016 年

总人口为 3555 万人,增加了 25 万人。2016 年贵州省 GDP 为 11776.73 亿元。研究区所选的样本位于山间平坝地区,地势平坦,与贵州省的生产、生活和生态发展有紧密联系,具有很大的研究价值。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

2.1.1 坝子的数据来源

以 2010 年 10m 分辨率的 Alos 影像和 2.5m 分辨率的资源卫星影像为主要数据源,对照坝子的定义,参考杨广斌等^[28]将土地利用类型图和坡度图进行空间叠置分析提取贵州万亩大坝信息的方法,在高清遥感影像上对坝子进行人工识别,然后与贵州省比例尺为 1:50000 地形图叠置分析,进行人工纠正误差,确保贵州省坝子数据的精度及可靠性。与以往研究不同的是,本文是根据地形地貌特征从高清遥感影像上识别坝子,既包括了城镇坝子,也包括了农业耕地坝子,本文所指的坝子实际上是从地形地貌角度揭示贵州省有一定面积规模的平地的空间分布。

2.1.2 坝子功能的数据来源

以 1990 年的 Landsat TM 影像(结合航片)、2000 年的 Landsat ETM+影像(结合航片)、2010 年的 Alos 影像(10m 分辨率,部分 2.5m 分辨率)、2016 年的 Landsat8 OLI/TIRS 影像(结合 Google Earth 影像)为数据源,将坝子空间分布矢量数据覆盖于数据源上,同时为了提高准确性,结合贵州省局部坝子各年的航片和高分辨率卫星影像利用 ArcGIS 软件对贵州省各个坝子功能进行人工目视解译。

2.1.3 社会经济统计数据

贵州省土地面积、耕地面积等来自贵州省自然资源厅官网,贵州省总人口数量、GDP 数据等来自《贵州省统计年鉴》(2017)。

2.2 贵州坝子土地利用功能类型划分与评价指标

土地利用是土地功能多样化的过程,土地利用变化决定土地利用功能多样性^[29],不同的土地利用方式提供不同土地利用功能。土地系统的生产功能、生态功能、生活功能是相互联系、不可分割的统一体^[30]。国外普遍认可的生产-生活-生态“三支柱”理念与党的十八大提出的国土生产-生态-生活空间的发展目标相一致^[31-32]。党丽娟、吕立刚等^[33-34]也都分别根据“三生”主导功能对土地利用功能进行进一步的划分。本文基于土地利用变化与功能的联系,借鉴“三生功能”理论,根据对贵州省坝子土地利用实际调研、综合文献中对土地利用功能分类方法对坝子土地利用功能进行分类,分为 3 个一级类,6 个二级类,即 6 个单一功能,并确定具体指标层(表 1)。

表 1 贵州省坝子土地利用功能分类体系

Table 1 Classification system of land use function of basins in Guizhou Province

一级分类 Categories	二级分类(单一功能) Subcategories	指标层(土地利用方式) Indicator level(Land use types)
生活功能 Living functions	城镇居住生活功能(A)	城镇住宅用地、公共基础设施用地、正在开发建设用地、道路用地、旅游用地
	农村居住生活功能(B)	农村宅基地、公共基础设施用地、正在开发建设用地、道路用地、旅游用地
生产功能 Production functions	现代规模设施农业生产功能(C)	大棚蔬菜用地、公司承包露天蔬菜基地、莲藕种植基地、草莓种植基地、西瓜种植基地、葡萄种植基地、火龙果种植基地、蓝莓种植基地、花卉基地、桃李种植用地、大面积地膜覆盖用地
	传统农业生产功能(D)	水稻种植用地、玉米种植用地、小麦种植用地、土豆种植用地
	工业生产功能(E)	工业用地、采矿地、仓储用地
生态功能 Ecological functions	自然生态功能(F)	林地、灌木林地、草地、河流水面、坑塘水面、湖流面、水库、沟渠、设施鱼塘、撂荒地、景观苗木种植基地、人工草坪种植基地

贵州省坝子土地利用功能并非所有都是单一的,坝子的二级分类功能具有交叉性,部分坝子的功能为两

种功能复合型,即具有多功能性,为了评价单元土地利用功能强弱的识别更精准,利用二级分类进行不同功能组合模式划分(图1),共有30种组合模式。虽然理论上存在的复合功能类型有30类,但直到2016年,贵州省坝子实际存在的复合功能类型才有17类。

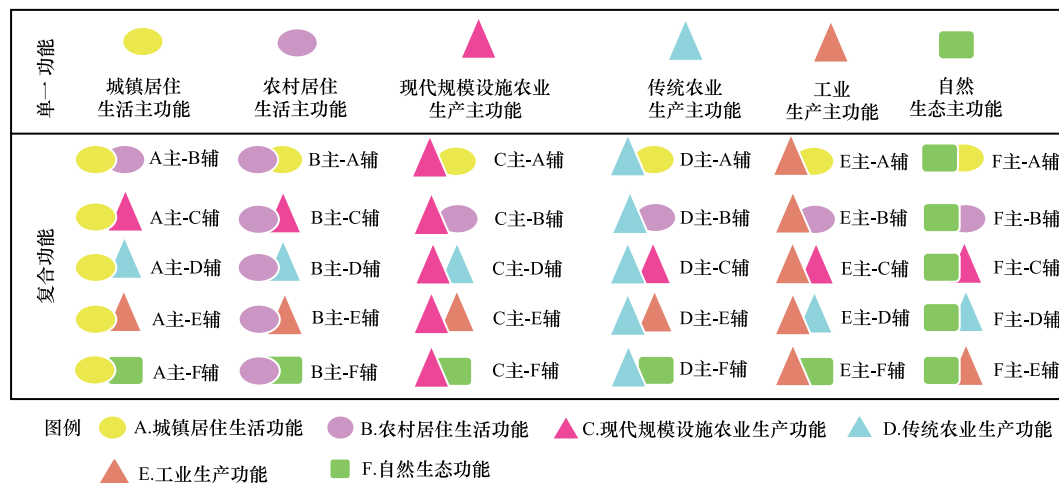


图1 贵州省坝子土地利用功能复合分类模式

Fig.1 Composite classification patterns of land use function of basins in Guizhou Province

根据表1和图1的坝子土地利用功能分类标准,逐一定性人工识别1990年、2000年、2010年和2016年贵州各个坝子土地利用功能类型(图2)。

2.3 土地利用功能转移矩阵分析

通过图2可以得到贵州省坝子土地利用功能在1990—2000年、2000—2010年和2010—2016年三个时间段内的面积变化,并通过土地利用转移矩阵计算各种功能的转入率和转出率。

$$Z_{nj} = \frac{K_{nj}}{K_n} \quad (1)$$

$$Z'_{nj} = \frac{K'_{nj}}{K_n}$$

式中, Z_{nj} 表示 n 类土地利用功能转移为 j 类土地利用功能的转出率; K_{nj} 为 n 类土地利用功能转出为 j 类土地利用功能的面积; K_n 为 n 类功能转出为其他功能的总面积; Z'_{nj} 表示 n 类土地利用功能转移为 j 类土地利用功能的转入率; K'_{nj} 为 n 功能转入为 j 类功能的面积; K_n 为其他功能转入为 n 类功能的总面积。

2.4 土地利用功能热点分析

热点分析工具是通过计算局部某个要素及其周围要素值的总和与所有要素值的总和进行比较。利用ArcGIS10.2软件的Getis-Ord G_i^* 模块识别具有相似土地利用功能的集聚区的空间分布位置,即不同空间位置显示出高值集群和低值集群。 Z 值和 P 值的不同组合用来识别冷热点区域。如果 Z 值大而 P 值小,则表明该区域是功能高水平聚集的热点区域。如果 Z 值较低且为负数和 P 值小,则表明该区域是功能低聚集的冷点区域。 Z 的绝对值越大,空间聚集的程度越大。

$$G_i^* = \sum_{j=1}^n w_{ij} x_j / \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

式中 n 是研究区的地区总数, x_i 和 x_j 是 i 区和 j 区的功能能力, $\bar{x}$ 是功能能力的平均值, W_{ij} 是空间权重矩阵。

3 结果分析

3.1 坝子土地利用功能数量演变

利用贵州省坝子1990年、2000年、2010年、2016年四期土地利用功能数据(图2)得到各功能坝子个数数

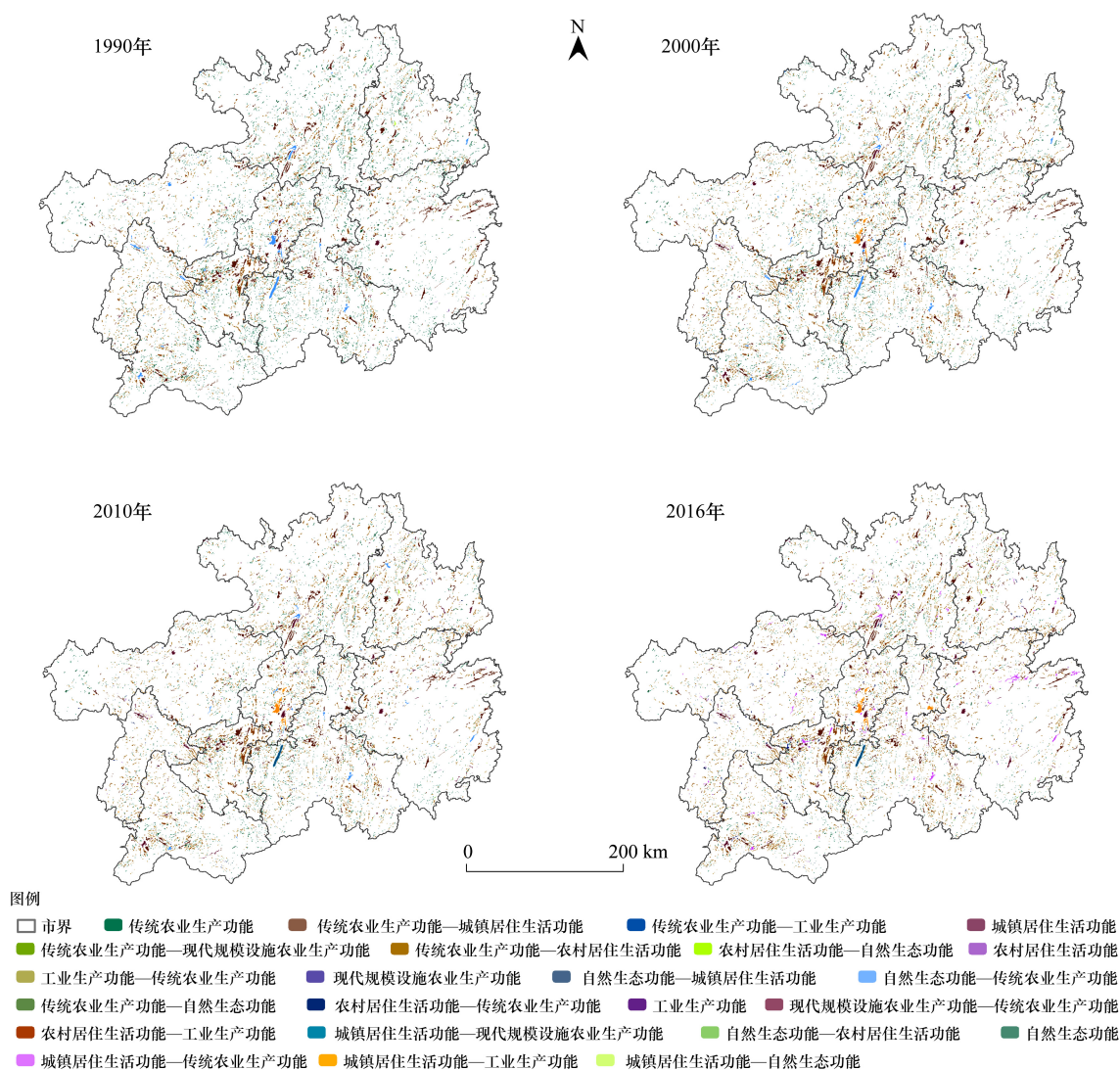


图2 贵州省1990年、2000年、2010年、2016年坝子土地利用功能空间分布格局

Fig.2 Spatial distribution patterns of land use function of basins in Guizhou Province in 1990, 2000, 2010 and 2016

量变化(图3)。可以看出以下特点:

贵州省坝子的功能已由以传统农业生产功能为主转为以传统农业生产功能-农村居住生活功能为主,坝子功能由单一功能向多功能转变。从1990年至2016年,传统农业生产功能坝子数量不断减少,从8868个减少至4171个,而传统农业生产功能-农村居住生活功能的坝子则在不断的增加,从2234个增加至5755个。

有增有减,相互转换。坝子的总量是不变的,变化的是各功能坝子的数量。1990年,生活功能(复合类型功能以主导功能为主)坝子的数量为122个,到2016年增加至911个,1990年生产功能坝子为12076个,到2016年减少了1407个,1990年,生态功能坝子为1696个,到2016年增加到了2314个。

土地利用向多功能转型。1990—2016年,坝子的功能类型由13类变为23类,所增加的类型中有8类是复合类型。2000年相较1990年多了城镇居住生活功能-工业生产功能、传统农业生产功能-工业生产功能,2010年又在2000年已有功能的基础上增加城镇居住生活功能-现代规模设施农业生产功能、农村居住生活功能-工业生产功能、现代规模设施农业生产功能、工业生产功能,2016年增加现代规模设施农业生产功能-传统农业生产功能、传统农业生产功能-现代规模设施农业生产功能、工业生产功能-传统农业生产功能、自然生态功能-城镇居住生活功能,坝子功能向多样性变。

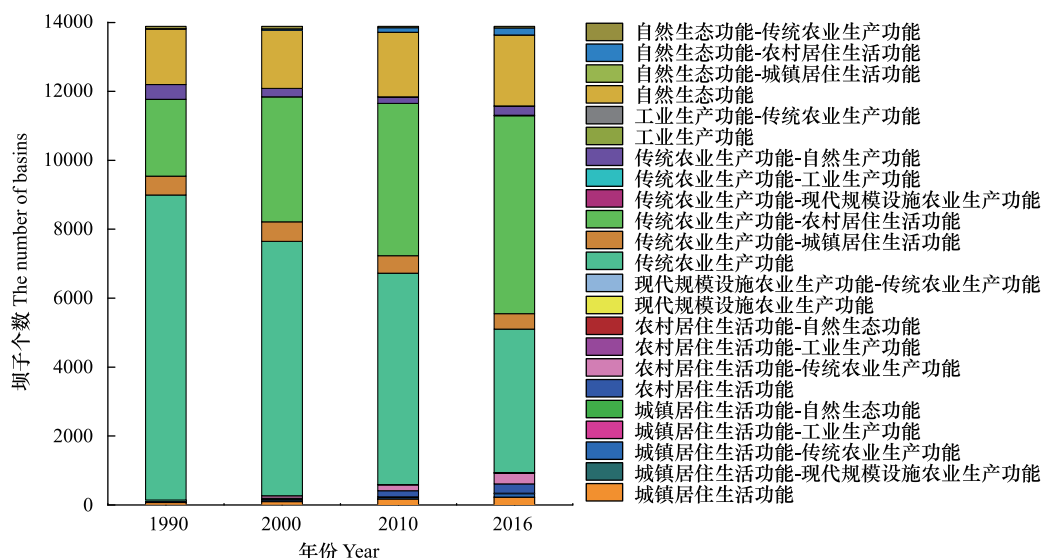


图3 1990年、2000年、2010年、2016年各功能坝子数量变化

Fig.3 Changes in the number of functional basins in 1990, 2000, 2010, and 2016

从单功能和复合功能坝子个数所占比例(图4)变化来看,可以看出:在研究初期,贵州省坝子以单一功能为主,单一功能坝子所占的比例达到75.88%,1990—2016年,单一功能坝子个数比例与复合功能坝子个数比例变化曲线呈“X”型,单一功能坝子的数量以不同的速度下降,而复合功能坝子则是在不断上升,到2016年,单一功能坝子比例下降到复合功能以下,变为48.38%,贵州省坝子土地利用功能变为以复合功能为主。从而可以看出,贵州省坝子土地利用功能在不断向多功能演化,土地利用功能不断变得多样性。

3.2 坝子土地利用功能结构转型

根据1990年、2000年、2010年和2016年四期土地利用功能空间分布数据,利用二级分类、复合分类组合模式,分别得到1990—2000年、2000—2010年和2010—2016年三个时间段的不同土地利用功能坝子转移矩阵(表2、表3、表4),利用公式(1)可以得出以下特点:

(1)1990—2000年,城镇居住生活功能、农村居住功能以及这两种功能为主的复合功能转移为其他功能的面积很小,并且这几种功能只在相互中转换;传统农业生产功能坝子的变化较大,有32.91%转移为其他功能,主要的转出方向为传统农业生产功能-农村居住生活功能,转出率达到91.84%;传统农业生产功能-城镇居住生活功能的转移方向主要为城镇居住生活功能-传统农业生产功能和城镇居住生活功能,转入率分别为56.94%、31.81%;传统农业生产功能-农村居住生活功能坝子的主要转入方向为传统农业生产功能、传统农业生产功能-自然生态功能坝子,转入率为96.39%、3.14%;传统农业生产功能-自然生态功能坝子共有76.13km²面积变成其他功能坝子,主要转移为传统农业生产功能、传统农业生产功能-农村居住生活功能,转出率分别为57.68%、32.72%。总体上来说,在此时间段里,贵州省坝子土地利用功能类型较少,较为单一,功能之间的转换简单,转出和转入的功能类型较少。

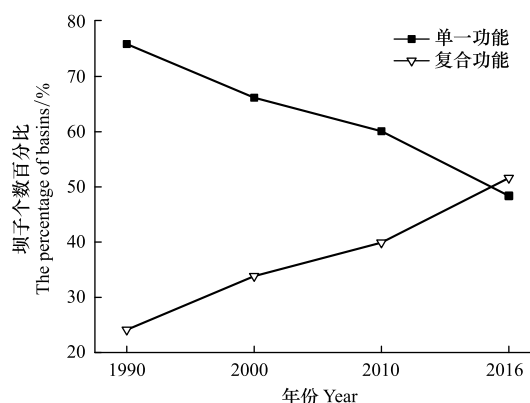


图4 单一功能和复合功能坝子个数比例变化

Fig.4 Single-function and composite-function basins number ratio change

表 2 1990—2000 年贵州坝子土地利用功能转移矩阵/ km^2
Table 2 Guizhou basins land use function transfer matrix from 1990 to 2000

	A	AC	AD	AE	AF	B	BD	BE	BF	D	DA	DB	DE	DF	F	FB	FD
A	109.06			20.36													
AD	96.37	79.47	133.12	9.77													
AF				60.91	10.86												
B						3.88											
BD						0.91	3.79										
BF									0.07								
D			0.60			2.53	3.05			1665.34	24.47	750.78		8.34	26.11	0.66	0.97
DA	43.55		77.95	15.42							1991.45						
DB						3.75	19.25				46.51	2374.56	0.55			0.11	
DF							0.07		0.13	43.91	0.43	24.91		55.11	4.76	0.04	1.89
F									0.10	23.93		1.81		1.61	171.31	5.99	3.30
FB																5.43	
FD										2.50		1.38		3.41	0.54		11.14

表 3 2000—2010 年贵州坝子土地利用功能转移矩阵/ km^2
Table 3 Guizhou basins land use function transfer matrix from 2000 to 2010

	A	AC	AD	AE	AF	B	BD	BE	BF	C	D	DA	DB	DE	DF	E	F	FB	FD
A	248.99																		
AD	95.89	79.47	133.12	9.77															
AE				96.68															
AF	2.97				7.89														
B						11.07													
BD						4.51	19.08	2.58											
BF									0.30										
D	0.20					4.42	5.93	0.25		0.07	1378.20	4.34	277.86	0.06	12.20	1.62	46.48	2.92	1.12
DA	56.05		38.36	4.50							1963.94								
DB	1.28					23.44	60.54	0.78			5.47	3052.99	2.53					6.47	
DE																0.55			
DF							0.47				13.43	15.14			33.35		4.46	1.19	0.44
F						0.23					16.71	1.46			3.83		168.66	9.79	2.04
FB						0.02						0.77						11.43	
FD											6.02	0.66			0.21		3.62	2.09	4.70

表 4 2010—2016 年贵州坝子土地利用功能转移矩阵/km²
Table 4 Guizhou basins land use function transfer matrix from 2010 to 2016

	A	AC	AD	AE	AF	B	BD	BE	BF	C	CD	D	DA	DB	DC	DE	DF	E	ED	F	FA	FB	FD
A	405.38																						
AC		79.47																					
AD	16.92		154.56																				
AE				110.95																			
AF					7.89																		
B	1.30					39.95		2.33										0.10					
BD			0.57			6.26	77.13	1.56														0.32	
BE								3.61															
BF									0.30														
C										0.07													
D	1.66		0.27			4.39	5.73		0.17	0.74	0.39	809.47	6.11	541.69	2.36	0.56	15.06	0.31		22.05		1.75	1.64
DA	87.45		227.15	26.22								1632.94											
DB	2.29		0.77			22.33	111.33	6.95	0.13				25.74	3156.58		12.45		0.40	0.23			9.94	
DE																1.03		0.40	1.16				
DF												0.06		2.29			45.46			1.27		1.33	0.04
E																		2.17					
F	0.32					0.62			0.15		3.29			0.42			0.03			217.07	0.18	1.39	0.20
FB									0.05					0.38								33.46	
FD														0.09						0.13		1.28	6.81

A: 城镇居住生活功能 Urban living function; AC: 城镇居住生活功能-现代设施农业生产功能 Urban living function-modern scale facility agricultural production function; AD: 城镇居住生活功能-传统农业生产功能 Urban living function-traditional agricultural production function; AE: 城镇居住生活功能-工业生产功能 Urban living function-industrial production function; AF: 城镇居住生活功能-自然生态功能 Urban living function-natural ecological function; B: 农村居住生活功能 Rural living function; BD: 农村居住生活功能-传统农业生产功能 Rural living function-traditional agricultural production function; BE: 农村居住生活功能-工业生产功能 Rural living function-industrial production function; BF: 农村居住生活功能-自然生态功能 Rural living function-natural ecological function; C: 现代设施农业生产功能 Modern scale facility agricultural production function; CD: 现代设施农业生产功能-工业生产功能 Modern scale facility agricultural production function-industrial production function; CE: 现代设施农业生产功能-自然生态功能 Modern scale facility agricultural production function-natural ecological function; D: 传统农业生产功能 Traditional agricultural production function; DA: 传统农业生产功能-城镇居住生活功能 Traditional agricultural production function-urban living function; DB: 传统农业生产功能-农村居住生活功能 Traditional agricultural production function-rural living function; DE: 传统农业生产功能-工业生产功能 Traditional agricultural production function-industrial production function; DF: 传统农业生产功能-自然生态功能 Traditional agricultural production function-natural ecological function; E: 工业生产功能 Industrial production function; ED: 工业生产功能-传统农业生产功能 Industrial production function-traditional agricultural production function; EA: 工业生产功能-自然生态功能 Industrial production function-natural ecological function; F: 自然生态功能 Natural ecological function; FA: 自然生态功能-城镇居住生活功能 Natural ecological function-urban living function; FB: 自然生态功能-农村居住生活功能 Natural ecological function-rural living function; FD: 自然生态功能-传统农业生产功能 Natural ecological function-traditional agricultural production function

(2)2000—2010 年,城镇居住生活功能、农村居住功能以及这两种功能为主的复合功能只有城镇居住生活功能-传统农业生产功能和农村居住生活功能-传统农业生产功能发生转移;传统农业生产功能转移的方向较多,其中最主要的方向是传统农业生产功能-农村居住生活功能、自然生态功能,转出率分别为 77.67%、12.72%;传统农业生产功能-农村居住生活功能坝子中有 3.19%转换为其他功能坝子,主要转出方向为农村居住生活功能-传统农业生产功能、农村居住生活功能;自然生态功能坝子主要转入自传统农业生产功能,转入率为 84.49%;自然生态功能-传统农业生产功能主要的转出方向为传统农业生产功能、自然生态功能、自然生态功能-农村居住生活功能,转出率分别为 47.78%、28.73%、16.59%。总的来说在这个时间段内,发生转换的功能比上一时间段多,功能之间的转移比较活跃。

(3)2010—2016 年,城镇居住生活功能、农村居住功能和工业生产功能以及以这三种功能为主的复合功能都只在相互之间转移;传统农业生产功能的转移比较强烈,转出的功能类型涵盖了 18 类功能,其中最主要的两个方向是传统农业生产功能-农村居住生活功能、自然生态功能,转出率分别为 89.55%、3.65%;传统农业生产功能-城镇居住生活功能转出方向主要为城镇居住生活功能-传统农业生产功能,转出率分别为 66.65%;传统农业生产功能-农村居住生活功能有 5.72%转换为了其他 11 种功能,最大转出率为 58.13%,是农村居住生活功能-传统农业生产功能;自然生态功能-传统农业生产功能坝子主要的转移方向为自然生态功能-农村居住生活功能,转出率为 85.33%。

(4)从总体上来看,城镇居住生活功能、农村居住生活功能、工业生产功能及与之相关的复合功能只在相互之间转移。城镇居住生活功能-现代规模设施农业生产功能、城镇居住生活功能-工业生产功能、现代规模设施农业生产功能、工业生产功能、传统农业生产功能-工业生产功能这五类新兴的功能坝子数量少,而且不转换为其他功能坝子。转换最活跃是传统农业生产功能坝子,转移的功能数量最多、涵盖的功能类型最广。自然生态功能坝子也转移为其他功能的坝子,但是转出的数量小于转入的数量,转入的主要方向为传统农业生产功能,所以自然生态功能是增加的。

3.3 不同土地利用功能坝子的空间演变。

通过 ArcGIS10.2 的 Getis-Ord G_i^* 模块对贵州省传统农业生产功能、传统农业生产功能-农村居住生活功能、传统农业生产功能-自然生态功能、自然生态功能坝子 1990 年、2000 年、2010 年和 2016 年的冷热点分布变化进行可视化分析(图 5),得到以下结果:

(1)传统农业生产功能。当置信水平为 99%时,1990 年热点主要分布在六枝特区、贞丰县、安龙县、湄潭县、松桃县、岑巩县、万山区等十九个地区,冷点主要分布在德江县、赤水市、赫章县、瓮安县、乌当区、平塘县、册亨县等地区。到 2000 年,热点主要分布在威宁县、兴义市、丹寨县、务川县、湄潭县、松桃县、岑巩县、万山区等十四个地区,冷点主要分布在七星关区、晴隆县、德江县、赤水市、平塘县等地区。2010 年,热点主要分布在湄潭县、威宁县、六枝特区、兴义市、安龙县、务川县等地区,冷点位于德江县、赤水市、册亨县、独山县等地区。2016 年,热点主要分布在湄潭县、威宁县、六枝特区、兴义市、绥阳县、松桃县等地区,冷点主要分布在德江县、赤水市、平塘县、从江县等地区。1990 年至 2016 年,热点在兴义市、六枝特区、湄潭县、务川县等四个地区都有分布,冷点都有分布在德江县、赤水市、平塘县、榕江县、从江县,但冷热点分布的地区是不断减少的。

(2)传统农业生产功能-农村居住生活功能。当置信水平为 99%时,1990—2016 年,热点在安顺市、福泉市、湄潭县都有分布,并且热点分布的地区不断变得分散,热点集中的面积不断变小。1990 年,冷点主要分布在赫章县、威宁县、七星关区、兴义市、普安县、德江县以及整个六盘水地区,2000 年冷点分布在赫章县、威宁县、水城县、普安县、册亨县、瓮安县、德江县等地区,2010 年冷点主要分布在赫章县、威宁县、普安县、望谟县、册亨县、罗甸县、德江县等地区。2016 年,冷点主要分布在赫章县、德江县、册亨县、望谟县、黔西县等地区。冷点的分布也是不断分散的,冷点集聚的斑块面积不断减小。

(3)传统农业生产功能-自然生态功能。该功能的坝子数量少,所以在整个贵州省的分布也比较分散。当置信水平为 99%时,1990 年热点主要分布在思南县与湄潭县、德江县、印江县的县界附近,冷点则主要分布在

赫章县、威宁县、瓮安县、福泉市、平塘县等县。2000 年,热点主要就分布在天柱县,冷点则分布在赫章县。2010 年,热点主要分布在仁怀市、桐梓县、湄潭县、江口县等地区,冷点主要分布在七星关区。2016 年,热点主要分布在仁怀市、桐梓县、思南县、绥阳县等地区,冷点没有分布。1990—2016,热点分布的总的趋势是分散,集中的面积小,冷点分布地区较少直至没有分布。

(4) 自然生态功能。在置信水平为 99% 下,该功能冷热点的空间分布没有大的变化,热点基本就主要分布在正安县、松桃县、石阡县、镇远县、罗甸县、平坝区、花溪区等地区,冷点主要分布在德江县、沿河县、晴隆区等三个县。

4 讨论

4.1 贵州坝子土地利用功能多样性演变的趋势

1990—2016 年贵州省坝子土地利用功能向多样性转变(图 6)。单一功能中传统农业生产功能坝子的变化最大,转出的复合功能有传统农业生产功能-农村居住生活功能、城镇居住生活功能-传统农业生产功能、传统农业生产功能-城镇居住生活功能、传统农业生产功能-工业生产功能、工业生产功能-传统农业生产功能、现代规模设施农业生产功能-传统农业生产功能、传统农业生产功能-现代规模设施农业生产功能、农村居住生活功能-工业生产功能、自然生态功能-传统农业生产功能等。传统农业生产功能坝子内地形平坦有利于各类建筑设施的修建,所以建筑物越来越多,人类活动越来越强烈;土壤肥沃、水源充足的坝子,有利于集中、连片、规划布置规模化现代农业,使得传统农业生产功能坝子内现代规模设施农业生产功能所占的面积增加;而土壤较贫瘠的坝子,则被撂荒,使得自然生态功能增加。

其次是自然生态功能,转出方向为农村居住生活功能-传统农业生产功能、农村居住生活功能-自然生态功能、传统农业生产功能-自然生态功能、自然生态功能-城镇居住生活功能等复合功能。城镇居住生活功能转移的复合功能只有城镇居住生活功能-工业生产功能。

4.2 贵州坝子土地利用功能多样性驱动机制

贵州省坝子在研究初期以单一功能为主,由于坝子本身内部因素、社会经济需求和政策的导向作用,在研究后期坝子土地利用由单功能向多功能性转型(图 7)。

坝子地形平坦、土壤层厚、地质条件好等优越的自然条件使坝子能够为人类的各种需要提供不同产品和服务。城镇和农村居民点本就是人类活动强烈的区域,所以土地利用结构不断变化,坝子功能也不断改变。随着交通条件的发展,距离城镇较近的坝子,逐渐受到人类的影响,土地利用方式增多,改变原来的单一功能,变为多种功能。

贵州省的人口从 1990 年的 3239.11 万人增加到 2016 年的 3555.00 万人,人口不断增加,为了满足居住需要,又为了经济发展需要,不断扩大城镇用地面积,受人类影响的坝子越来越多,原始坝子越来越少,同时人类由最初的追求温饱到现在的追求精神文化的愉悦,使得坝子利用用途越来越多元化,坝子功能也就越多样化。

贵州省在“十二五”期间实施工业强省和城镇化带动战略,使得工矿用地在贵州省分布的坝子数量增加。贵州在实行县县通高速政策时,部分道路经过比较封闭的自然原始的坝子,从而增加坝子土地利用类型。精准扶贫政策的实施也使了部分坝子的土地用途变得多样,仅 2016 年,为助推脱贫攻坚,通过土地整治共建成高标准农田 45.32 万亩,使得许多传统农业生产耕地变为规模化、专业化、集约化的现代农业生产的耕地,坝子功能多样化。

4.3 高农业生产价值坝子保护

一方面,在快速的城镇化进程和贵州省大力推进农业转型升级的背景下,意味着乡村坝子除了提供农副产品这一主要功能外,提升生态/景观/社会等功能、实现农业的多功能化已成为其发展的重要任务。在此背景下,坝子的耕地、园地、林地、及其他农用地等必然在市场、规划、自然条件的影响下发生重组、转化;同时,坝子的非农业生产、非生产性功能也将随之发生变化。但另一方面,在贵州山多平地少这一自然背景下,在当前

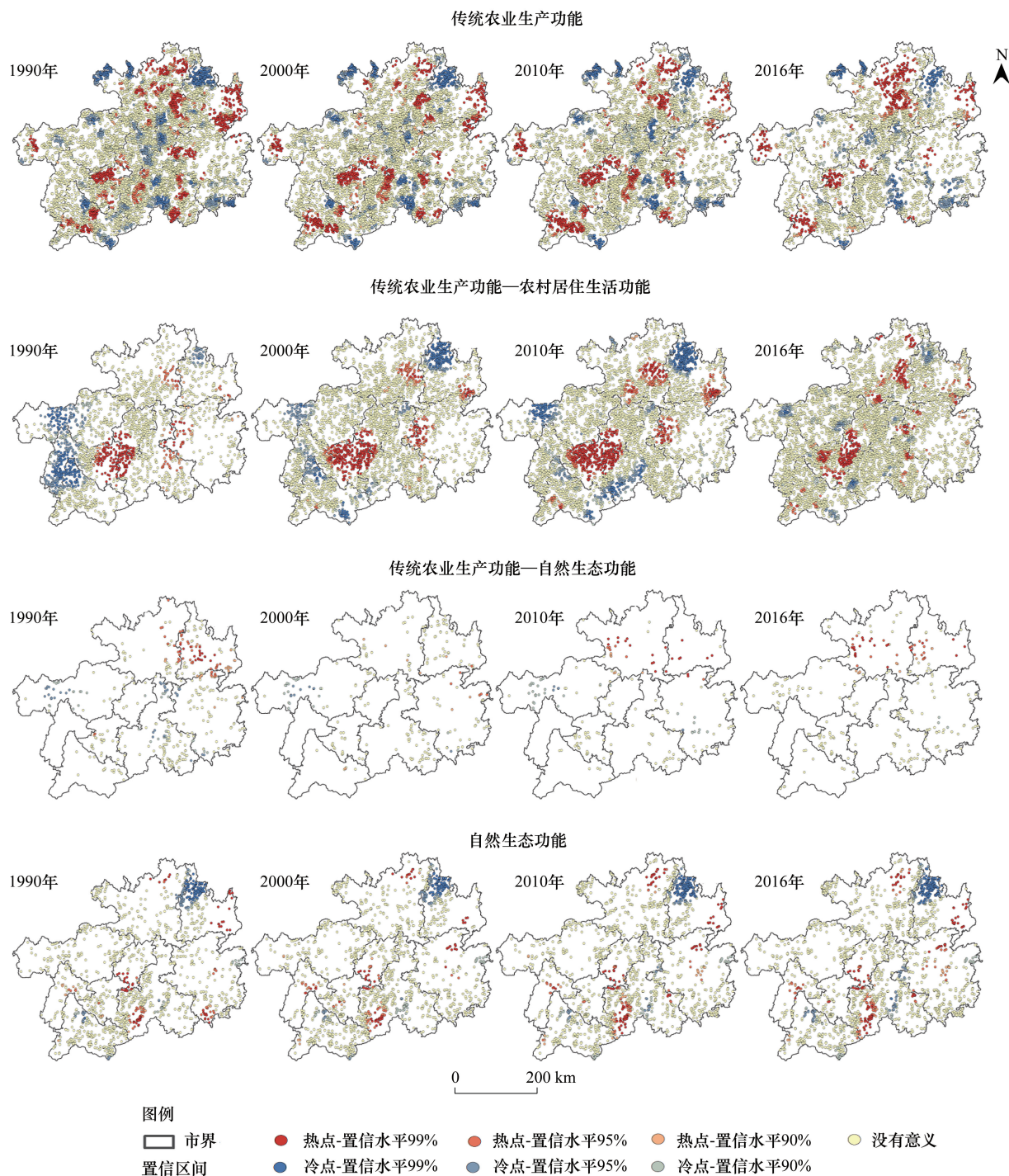


图5 坝子功能冷热点空间分布与变化

Fig.5 Spatial distribution and change of hot spots in basin function

快速城镇化的社会经济背景下,也非常有必要加强对具有高农业生产价值坝子的保护,并且进一步要关注耕地利用隐性形态转型^[35]。因地制宜的发展规模化、专业化现代农业^[36-37],发展农、旅、观光为一体的农业基地,建立果蔬大棚、花卉大棚、草莓大棚、有机蔬菜体验园等,从而提高单位土地面积的经济效益;应当对高农业生产价值坝子周边的农户进行知识教育和农业技术培训,使现代农民与现代技术相结合,使农户自主自愿发展高产农业,从而保护高农业生产价值的坝子。

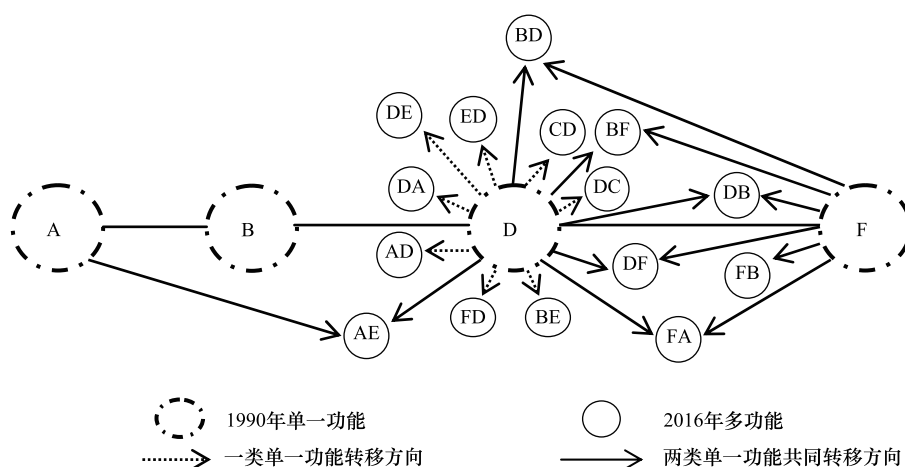


图 6 单一功能向多功能转变示意图

Fig.6 Sketch map of single function to multi-function transition

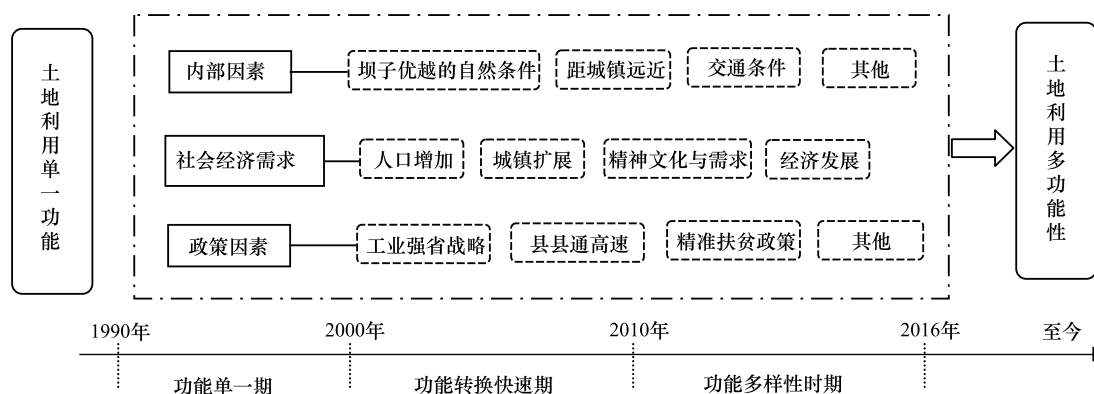


图 7 贵州省坝子土地利用功能多样性驱动机制图

Fig.7 Driving mechanism map of land use function diversity of basins in Guizhou Province

5 结论

本文通过对 1990—2016 年贵州省坝子的综合研究,得到以下结论:

(1) 贵州省传统农业生产功能坝子数量不断减少,从 8868 个减少至 4170 个,而传统农业生产功能-农村居住生活功能坝子数量持续增加,从 2234 个增加至 5755 个,坝子土地利用功能已由以农村居住生活功能为主转变为以传统农业生产功能-农村居住生活功能为主,坝子的土地利用功能由单一功能向多功能转变。

(2) 坝子土地利用功能向多样化演变。1990 年,有 13 类土地利用功能类型,到 2016 年,变为 23 种类型,增加 10 种类型,其中有 8 类为复合类型,坝子土地利用变多功能。

(3) 1990 年,贵州省坝子主要以单一功能坝子为主,1990 年至 2016 年,单一功能坝子比例与复合功能坝子个数比例变化曲线呈“X”型,单一功能坝子个数比例不断下降,而复合功能坝子的比例则不断上升,从复合功能坝子的比例 24.12%变到 56.62%,到 2016 年复合功能坝子数量大于单一功能坝子数量,贵州省坝子土地利用功能变为以多功能为主,坝子土地利用功能变得多样性。

(4) 1990 年至 2000 年土地利用功能变化缓慢,2000 以后坝子变化强烈。1990—2000 年期间只增加两种功能,转出、转进的功能有 39 类。2000—2010 年,增加 4 种功能,转入、转出的功能有 48 种,而 2010—2016 年期间增加 4 种功能,转入、转出的功能有 59 种类型。

(5)在坝子的相互转移中,传统农业生产功能转移的功能类型最多,转移最为活跃,基本上都转移为城镇居住生活功能、农村居住生活功能、工业生产功能及与之相关的复合功能和自然生态功能,而转入的方向只有传统农业生产功能-自然生态功能、自然生态功能和自然生态功能-传统农业生产功能三种功能,所以传统农业生产功能的数量在不断的减少。

(6)传统农业生产功能坝子冷热点分布区域在不断的缩小。传统农业生产功能-农村居住生活功能冷热点分布的区域不断分散。传统农业生产功能-自然生态功能热点分布的区域总的来说是变得分散的,集中的面积小,冷点分布地区较少直至没有分布。自然生态功能热点分布的地区变多,冷点基本上没有变化。从总体上来看,各功能的空间分布变化是很复杂的,但大部分是由聚集变为分散。

由于贵州省的坝子土地利用功能类型较多,限于篇幅只分析了传统农业生产功能、传统农业生产功能-农村居住生活功能、传统农业生产功能-自然生态功能、自然生态功能四种主要功能的时空变化特征,虽然这些变化对贵州省的土地利用功能多样性变化有很大的影响,但是并不是全部的影响。在未来的研究中将会深化分类体系,对研究单元的各评价指标进行定量测度,更广泛、更深入的挖掘土地利用功能多样化驱动力及变化的规律。

参考文献 (References):

- [1] 黄安,许月卿,郝晋珉,孙丕苓,刘超,郑伟然. 土地利用多功能性评价研究进展与展望. 中国土地科学, 2017, 31(4): 88-97.
- [2] 黄安,许月卿,刘超,郝晋珉,孙丕苓,郑伟然,卢龙辉. 基于土地利用多功能性的县域乡村生活空间宜居性评价. 农业工程学报, 2018, 34(8): 252-261.
- [3] Verburg P H, Mertz O, Erb K H, Haberl H, Wu W B. Land system change and food security: towards multi-scale land system solutions. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2013, 5(5): 494-502.
- [4] Foley J A, DeFries R, Asner G P, Barford C, Bonan G, Carpenter S R, Chapin F S, Coe M T, Daily G C, Gibbs H K, Helkowski J H, Holloway T, Howard E A, Kucharik C J, Monfreda C, Patz J A, Prentice I C, Ramankutty N, Snyder P K. Global consequences of land use. *Science*, 2005, 309(5734): 570-574.
- [5] 龙花楼. 论土地利用转型与乡村转型发展. 地理科学进展, 2012, 31(2): 131-138.
- [6] 宋小青. 论土地利用转型的研究框架. 地理学报, 2017, 72(3): 471-487.
- [7] 陈婧,史培军. 土地利用功能分类探讨. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2005, 41(5): 536-540.
- [8] 甄霖,曹淑艳,魏云洁,谢高地,李芬,杨莉. 土地空间多功能利用: 理论框架及实证研究. 资源科学, 2009, 31(4): 544-551.
- [9] 孙丕苓,许月卿,刘庆果,刘超. 张家口市土地利用多功能性动态变化及影响因素. 中国农业资源与区划, 2018, 39(8): 65-74.
- [10] 甄霖,魏云洁,谢高地, Helming K, 曹淑艳, 杨莉, 潘影, Koenig H. 中国土地利用多功能性动态的区域分析. 生态学报, 2010, 30(24): 6749-6761.
- [11] 谢高地,鲁春霞,甄霖,曹淑艳,章予舒,冷允法. 区域空间功能分区的目标、进展与方法. 地理研究, 2009, 28(3): 561-570.
- [12] Callo-Concha D, Denich M. 2014. A participatory framework to assess multifunctional land-use systems with multicriteria and multivariate analyses: a case study on agrobiodiversity of agroforestry systems in Tomé Açú, Brazil. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 1(1): 40-50.
- [13] 杜国明,孙晓兵,王介勇. 东北地区土地利用多功能性演化的时空格局. 地理科学进展, 2016, 35(2): 232-244.
- [14] Kates R W, Clark W C, Corell R, Hall J M, Jaeger C C, Lowe I, McCarthy J J, Schellnhuber H J, Bolin B, Dickson N M, Faucheux S, Gallop G C, Grübler A, Huntley B, Jäger J, Jodha N S, Kaspersen R E, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore III B, O'Riordan T, Svedin U. Sustainability science. *Science*, 2001, 292(5517): 641-642.
- [15] 易秋圆,段建南. 土地利用功能分类与评价研究进展. 贵州农业科学, 2013, 41(2): 188-191.
- [16] Qu Y B, Jiang G H, Zhao Q L, Ma W Q, Zhang R J, Yang Y T. Geographic identification, spatial differentiation, and formation mechanism of multifunction of rural settlements: a case study of 804 typical villages in Shandong Province, China. *Journal of Cleaner Production*, 2017, 166: 1202-1215.
- [17] 刘超,许月卿,孙丕苓,刘佳. 土地利用多功能性研究进展与展望. 地理科学进展, 2016, 35(9): 1087-1099.
- [18] 李倩,刘毅,许开鹏,谢丹,张惠远,刘军会. 基于生态空间约束的云贵地区可利用坝区面积与空间分布. 中国环境科学, 2013, 33(12): 2215-2219.
- [19] 杨子生,赵乔贵. 基于第二次全国土地调查的云南省坝区县、半山半坝县和山区县的划分. 自然资源学报, 2014, 29(4): 564-574.
- [20] Zhao Y L, Li X B. Spatial correlation between type of mountain area and land use degree in Guizhou Province, China. *Sustainability*, 2016, 8(9):

849.

- [21] 童绍玉, 陈永森, 王学良. 云南坝子的成因与特征研究. 云南地理环境研究, 2007, 19(5): 129-133, 122-122.
- [22] 张述清, 王爱华, 王宇新, 陈建保, 范成卫. 云贵高原地区坝子划定技术与方法研究——以云南省为例. 地矿测绘, 2012, 28(4): 1-4, 8-8.
- [23] 李阳兵, 姚原温, 谢静, 王发艳, 白晓永. 贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变. 生态学报, 2014, 34(12): 3257-3265.
- [24] 姚原温, 李阳兵, 龙东妹. 贵州省黄家坝万亩大坝土地覆被及景观格局变化. 贵州农业科学, 2015, 43(1): 179-184.
- [25] 刘亚香, 李阳兵, 易兴松, 程星. 贵州典型坝子土地利用强度空间演变及景观格局响应. 应用生态学报, 2017, 28(11): 3691-3702.
- [26] 盛佳利, 李阳兵. 贵州省坝子的空间分布及不同地貌区坝子-山地组合类型的探索性划分研究. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2018, 36(2): 15-21, 32-32.
- [27] 贵州省自然资源厅. 2017 贵州省国土资源公报. (2018-05-29) [2018-07-22]. http://zrzy.guizhou.gov.cn/zfxxgk/zfxxgkml/tjsj_81192/gtzyddjcjb/201805/t20180529_3279705.html.
- [28] 杨广斌, 安裕伦, 张雅梅, 谷花云, 张宏群. 基于 3S 的贵州省万亩大坝信息提取技术. 贵州师范大学学报: 自然科学版, 2003, 21(2): 93-96, 110-110.
- [29] 吴佳俣, 潘洪义, 淳阳, 蒋贵国. 四川省土地利用多功能性评价及影响因素研究. 江苏农业科学, 2018, 46(12): 258-265.
- [30] 李睿康, 黄勇, 李阳兵, 刘李琼, 冉彩虹, 祖琳琳. 三峡库区腹地土地功能演变及其驱动机制分析. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3): 594-604.
- [31] 李广东, 方创琳. 城市生态—生产—生活空间功能定量识别与分析. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65.
- [32] 杨清可, 段学军, 王磊, 金志丰. 基于“三生空间”的土地利用转型与生态环境效应——以长江三角洲核心区为例. 地理科学, 2018, 38(1): 97-106.
- [33] 党丽娟, 徐勇, 高雅. 土地利用功能分类及空间结构评价方法——以燕沟流域为例. 水土保持研究, 2014, 21(5): 193-197, 203-203.
- [34] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 戴靓, 昌亭, 鲍桂叶, 周华, 李志. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究——以江苏省为例. 地理科学, 2013, 33(12): 1442-1449.
- [35] 曲艺, 龙花楼. 中国耕地利用隐性形态转型的多学科综合研究框架. 地理学报, 2018, 73(7): 1226-1241.
- [36] 宋小青, 吴志峰, 欧阳竹. 1949 年以来中国耕地功能变化. 地理学报, 2014, 69(4): 435-447.
- [37] 王亚辉, 李秀彬, 辛良杰, 谈明洪, 李薇. 中国农地经营规模对农业劳动生产率的影响及其区域差异. 自然资源学报, 2017, 32(4): 539-552.