

杨兴艳,赵宇鸾,李秀彬. 黔桂岩溶山区土地利用变化的社会经济因素分析[J]. 中国岩溶,2019,38(1):88-99.
DOI:10.11932/karst20190110

黔桂岩溶山区土地利用变化的社会经济因素分析

杨兴艳¹,赵宇鸾^{1,2},李秀彬²

(1. 贵州师范大学地理与环境科学学院,贵阳 550025; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所,北京 100101)

摘 要:基于黔桂岩溶山区 1990、2015 年的土地利用数据和社会经济统计资料,利用典范对应分析方法对 1990—2015 年 25 年间的土地利用变化及社会经济驱动因素进行了实证分析。结论如下:(1)黔桂岩溶山区土地利用变化存在明显的时空分异现象;(2)贵州高原区以草地大幅减少和林地增加为主要特征;黔桂峰丛洼地区以水域面积增加和草地减少为主要特征;广西丘陵区的主要特征是耕地减少和建设用地增加。(3)贵州高原区土地利用类型变化以经济和人口因素为主要驱动力;广西丘陵区土地利用类型变化以经济因素和农业结构水平为主要驱动力;农业因素对黔桂峰丛洼地区的土地利用变化驱动作用明显。未来应提高贵州高原和黔桂峰丛洼地区岩溶山区草地生态功能重要性的认识,在加强森林植被恢复的同时加强草地资源保护;城镇化发展背景下黔桂岩溶山区应减少优质耕地占用,开发低丘缓坡土地,建设山地特色城市。

关键词:土地利用变化;典范对应分析;驱动力;岩溶山区

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2019)01-0088-12

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



0 引 言

土地资源作为一种基础性资源,在人类社会生存和发展中起着非常重要的基础性、战略性作用^[1]。改革开放以来,随着科学技术水平及生产力不断提高,土地利用变化受人类活动驱动日益明显^[2]。在人类活动的驱动下,土地覆被状况逐步被改变,土地资源的可持续利用成为全球共同关注的目标,土地利用/土地覆被变化(LUCC)研究成为当前全球变化研究的重要内容,其中 LUCC 研究的核心则是驱动力与土地利用变化的关系^[3-6]。

近年来,许多学者针对 LUCC 及其驱动因素进行了大量的研究,在分析 LUCC 与其驱动因素的定量关系时,主要采用主成分分析、相关分析和回归分析等线性方法^[7-11],对变量之间相互关系考虑较少,

当变量的数量较多时,线性分析就会显现出一定的局限性^[12-13]。典范对应分析(Canonical correspondence analysis, CCA)是一种基于单峰模型的非线性排序方法,样方排序与对象排序对应分析,而且在排序过程中结合多个环境因子,因此可以把样方、对象与环境因子的排序结果表示在同一排序图上,以便直观地分析样方之间、对象之间及样方与对象之间的相互关系^[12]。目前,CCA 主要应用于研究物种组成与环境的关系方面,或研究植物群落与环境因子之间的复杂关系^[13-17],将 CCA 应用于分析大尺度土地利用变化及其驱动因素的研究仅见于沂蒙山区、晋北等北方区域^[13,18]。

本研究选择黔桂岩溶山区为研究区,该区地处我国西南山地,是长江、珠江上游的重要生态屏障和岩溶分布的中心区^[19],地形结构复杂,地表石漠化严

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”项目(2015CB452706);国家自然科学基金项目(41771115,41361021);2015 年贵州省“千”层次创新型人才资助(111-0317003);中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室开放基金项目(GJ-2015-03)

第一作者简介:杨兴艳(1996—),女,硕士研究生,研究方向:土地利用与规划。E-mail:15186905558@163.com。

通信作者:赵宇鸾(1985—),男,博士,副教授,硕士生导师,研究方向:土地利用与山区发展。E-mail:zhaoyl.09b@igsrr.ac.cn。

收稿日期:2018-05-17

重,是典型的生态脆弱区^[20]。20 世纪 90 年代以来,黔桂岩溶山区受到国家西部大开发、就近城镇化、东部沿海产业向中西部地区迁移等政策的影响,导致该地区的社会经济和城镇化快速发展,造成了近几十年来土地利用结构的复杂变化,同时,黔桂岩溶山区面积广大,地形、社会经济发展水平、特征区域差异大。本文探索性地利用典范对应分析方法,根据自然地理特征、社会经济发展水平的梯度差异,将研究区分为贵州高原区、黔桂峰丛洼地区和广西丘陵区,以此研究黔桂岩溶山区土地利用变化与社会经济指标因素之间的相关关系,理清黔桂岩溶山区近年来土地利用变化及其驱动因素。

1 研究区概况

黔桂岩溶山区位于中国西南(图 1),面积约 21 万 km²,占黔桂两省总面积的 58.13%,涉及黔中经济区及南宁城市圈地域范围及周边区域的 91 个县(市、区)。研究区以高原和丘陵地貌为主,岩溶发育强烈、岩溶地貌分布范围广阔、类型丰富多样,岩溶景观资源丰富^[21]。受到岩溶地貌的影响,黔桂岩溶山区形成了地表水土流失严重、植被覆盖率不高、优质耕地少等自然地理特征,制约着黔桂岩溶山区社会经济发展^[22-23]。黔桂岩溶山区区域社会经济发展水平不高,现仍是贫困人口规模大,农村贫困发生率高的地区。

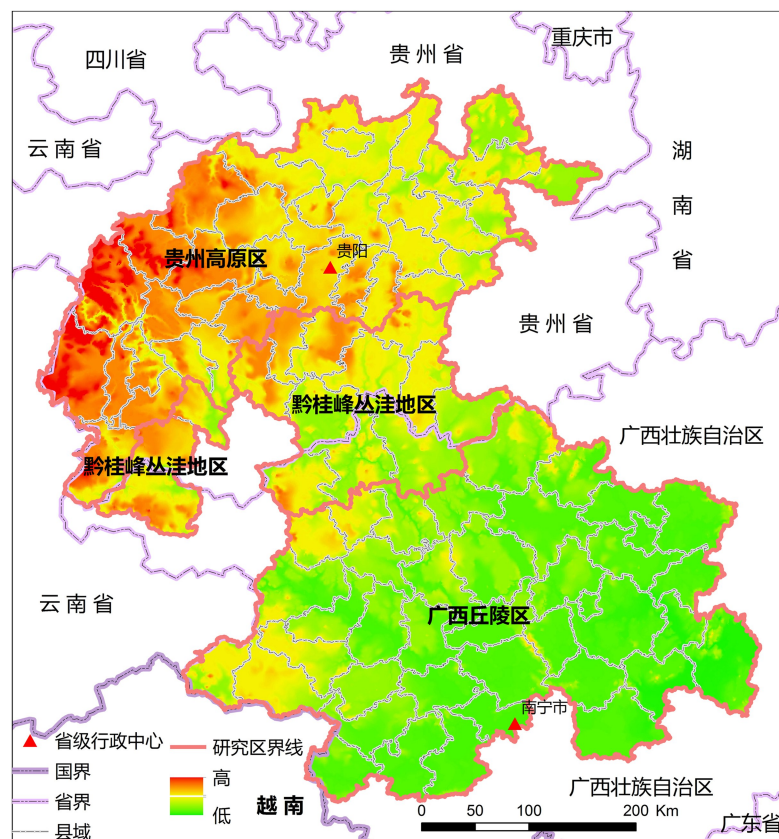


图 1 黔桂岩溶山区位置图

Fig. 1 Map showing karst mountainous areas in Guizhou and Guangxi

2 研究方法

2.1 数据来源及处理

研究从县域尺度揭示黔桂岩溶山区土地利用变化及其社会经济驱动因素的时空分异特征。1990 年、2015 年两期 1:10 万的黔桂岩溶山区土地利用数据,由国家重点基础研究“973”项目“山区国土空间

功能优化与调控对策”课题组利用 Arc GIS10.2 软件对遥感影像进行解译所得,解译总精度达 80% 以上。根据《中科院土地利用覆盖分类体系》,将研究区土地划分为 6 个一级土地利用类型,分别为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地,解译结果见图 2、图 3。中国科学院山地表生过程与生态调控重点实验室提供研究区县级行政边界等基础地理数据,以 2015

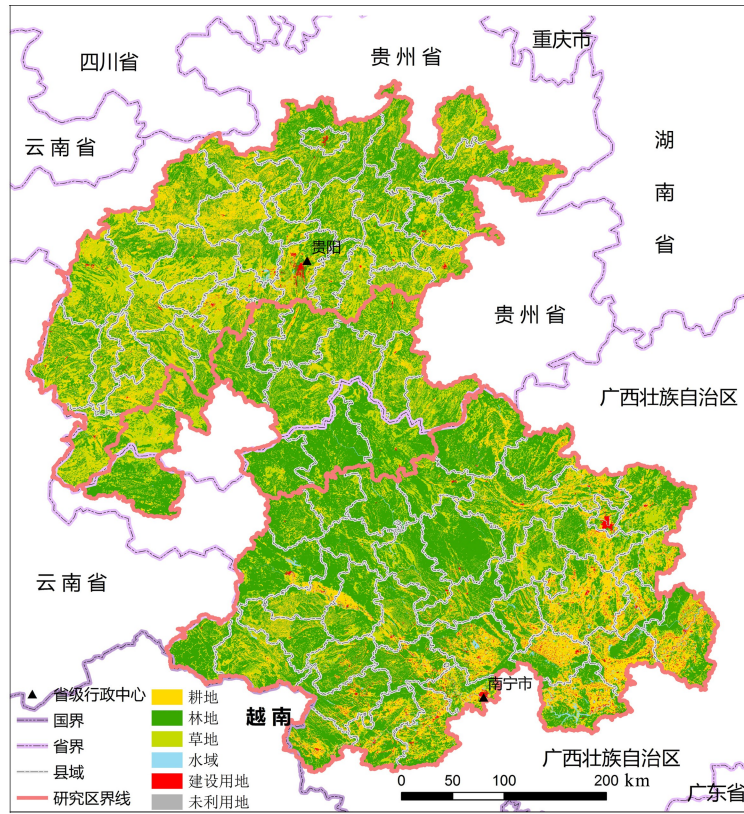


图2 1990年黔桂岩溶山区土地利用现状图

Fig. 2 Land use situation in karst mountainous areas of Guizhou and Guangxi in 1990

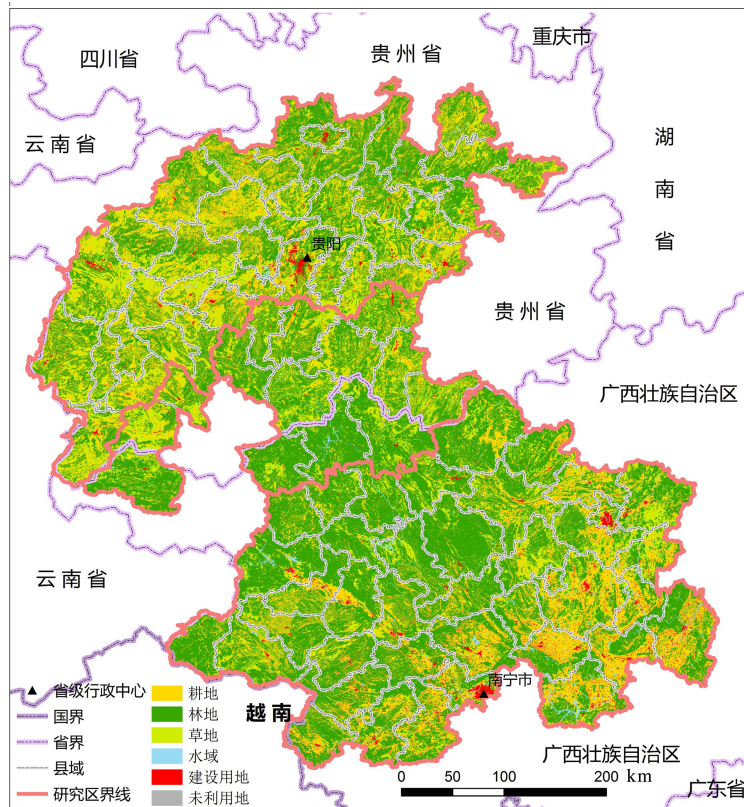


图3 2015年黔桂岩溶山区土地利用现状图

Fig. 3 Land use situation in karst mountainous areas of Guizhou and Guangxi in 2015

年为基准修正县级行政单元划分,将地级市辖区统一归并为地级市区,最后统一划分为 91 个县域。指标体系中的地方财政收入、社会消费品零售总额、农业机械总动力、年末总人口等指标数据,来源于 1991 年和 2016 年贵州省和广西壮族自治区的统计年鉴和国民经济和社会发展统计公报等资料。分别对 1990—2015 年间土地利用变化和社会经济指标差值进行求绝对值标准化处理,分别构成物种与环境因子数据矩阵,并采用 Canonco 5.0 进行分析。

2.2 指标选取

根据土地利用变化与其驱动因素的内在逻辑关

联,遵循指标选取的科学性、综合性、区域性、可获得性和动态性等基本原则,从经济因素、农业生产技术、人口状况三方面构建社会经济指标体系^[12,18,24],选取地方财政收入、社会消费品零售总额、工业总产值、农业生产总值、农民人均纯收入、农业机械总动力、化肥投入水平、耕地复种指数、蔬菜播种面积、水果面积占种植业比重、大牲畜年末头数、年末总人口、乡村劳动力、人口城市化率等 14 个指标作为环境变量,构建黔桂岩溶山区典范对应分析的社会经济指标体系(表 1)。研究选取的空间分析样本为黔桂岩溶山区 91 个县(市、区),6 个一级土地利用类型为物种变量。

表 1 典范对应分析的社会经济指标体系
Table 1 Socio-economic target system of CCA

目标层	因素层	准则层	指标层	单位	
社会 经济 指标 体系	经济因素	城市经济	地方财政收入 X1	万元	
			社会消费品零售总额 X2	万元	
			工业总产值 X3	万元	
		农业经济	农业生产总值 X4	万元	
			农民人均纯收入 X5	元	
			农业机械总动力 X6	kwt	
	农业因素	农业技术	化肥投入水平 X7	kg · hm ⁻²	
			耕地复种指数 X8	—	
			蔬菜播种面积 X9	km ²	
			水果面积占种植业比重 X10	%	
		人口因素	畜牧业	大牲畜年末头数 X11	头
			人口数量	年末总人口 X12	人
			人口结构	乡村劳动力 X13	人
				人口城市化率 X14	%

2.3 分析方法

典范对应分析方法是基于非线性的对应分析(CA)发展而来的,其基本排序思路是在对应分析的迭代过程中,将每次得到的样方排序坐标值均与环境变量进行多元线性回归,使之直接反映环境因子对排序结果的影响,其数学表达式如下^[25]:

$$x_i = b_0 + \sum_{j=1}^q b_j z_{ij} \quad (1)$$

式中: x_i 为第 i 个样方的排序值, b_0 为截距, b_j 为样方与第 j 个环境因子的回归系数, z_{ij} 为第 j 个环境因子在第 i 个样方中的观测值^[26],可以用多元线性回归方法求得。

根据这一思路,典范对应分析限定排序过程如

下^[26]:

第一,求原始数据矩阵 $Y = \{y_{ik}\}$ 的行和 y_{ik} 及列和 y_{ik} ; $i = 1, 2 \dots n, n =$ 样地数; $k = 1, 2, \dots, m$ 是种类数。

第二,任意给定样方排序初始值。

第三,用加权平均法计算种类排序值 u_k :

$$u_k = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ik} x_i}{y_{ik}} \quad (2)$$

第四,再用加权平均法求新的样方排序值:

$$x_i^* = \frac{\sum_{k=1}^m y_{ik} u_k}{y_{ik}} \quad (3)$$

第五,用多元回归计算各环境因子的回归系数,权重根据原始数据矩阵行和:

$$b = (Z^T R Z)^{-1} Z^T R x^* \quad (4)$$

这里 $Z = \{Z_{ij}\}$ 为环境数据矩阵, b 和 x^* 为列向量, $b = (b_0, b_1, \dots, b_q)^T$, $x^* = (x_0^*, x_1^*, \dots, x_n^*)^T$ 。 R 是由原始数据行和组成的对角线矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} y_{1t} & & & & \\ & y_{2t} & & & \\ & & \ddots & & \\ & & & \ddots & \\ & & & & y_{nt} \end{pmatrix} \quad (5)$$

第六,重新计算样地排序值:

$$X = Zb \quad (6)$$

X 为一列向量, $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 。

然后回到第三步,重复迭代过程,直到新得到的排序值约等于前一迭代结果时,用同样的方法,可得到第二、三排序轴,但初始值的确定方法存在一些差异,具体的计算过程见参考文献^[26]。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

根据 1990 年和 2015 年两期土地利用数据提取出各个地类土地利用面积并制作土地利用变化转移矩阵(表 2),由此分析可知:① 1990—2015 年 25 年间,黔桂岩溶山区土地利用变化剧烈,整体表现为“4 增 2 减”,即林地、建设用地、水域和未利用地面积增加,耕地、草地面积减少;② 从土地利用类型间的相互转换情况来看,草地为转出面积最大的地类,年转出速度为 101.39 km²,主要转向耕地和林地,其次为建设用地和水域,这与黔桂岩溶山区岩溶地貌限制缺少优质耕地、城市快速发展、水电站和水库的修建、经济林种植和植树造林等密切相关;③ 从增长速度来看,林地面积扩张明显,年增长速度为 98.48 km²,主要由草地和耕地转化而来,建设用地增长速度次之,年增长速度为 51.16 km²,主要是靠占用耕地和林地。

表 2 1990—2015 年黔桂岩溶山区土地利用变化转移矩阵(km²,%)

Table 2 Transition matrix of land use change of in karst mountainous areas of Guizhou and Guangxi from 1990 to 2015(km²,%)

1990/2015	耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地	总计	转出部分	转出速度
耕地	54 402.83	556.39	155.03	843.63	218.65	1.11	56 177.65	1 774.82	70.99
林地	400.29	119 640.56	664.33	272.84	277.82	0.63	121 256.47	1 615.91	64.64
草地	389.67	1 870.52	29 755.91	154.87	116.97	2.76	32 290.7	2 534.79	101.39
建设用地	28.13	5.07	7.41	2 433.11	5.78	0	2 479.5	46.39	1.86
水域	31.69	30.07	17.03	6.96	1 816.42	1.12	1 903.29	86.87	3.47
未利用地	0.87	0	0	0.77	2.95	18.81	23.39	4.58	0.18
总计	55 253.48	122 102.61	30 599.7	3 712.18	2 438.59	24.44	214 131.01		
新增部分	850.65	2 462.05	843.79	1 279.07	622.17	5.63	6 063.36		
新增速度	34.03	98.48	33.75	51.16	24.89	0.23	242.53		
变化量	-924.16	846.14	-1 691.00	1 232.68	535.30	1.05			

表 3 为 1990—2015 年 25 年间贵州高原区、黔桂峰丛洼地区、广西丘陵区三个研究区的土地利用变化情况,可以看出:① 贵州高原区土地利用变化率最大,为 4.00%,黔桂峰丛洼地区土地利用变化率最小,为 1.60%。② 贵州高原区草地面积变化最为显著,25 年间减少 1 128.77 km²,林地增加的面积最多,为 739.03 km²。黔桂峰丛洼地区水域面积增加最显著,增加了 181.89 km²,主要是由于 1990—2015 年 25 年间红水河流域水电资源的大力开发和建设大型水电基地;草地为减少面积最多的地类,减少

125.61 km²。广西丘陵区以耕地面积变化最为显著,减少了 542.10 km²,建设用地面积增加最多,增加了 598.08 km²。

总体看来,贵州高原土地利用变化率最高,主要为草地的减少和林地的增多,黔桂峰丛洼地区土地利用变化率最低,主要为水域的增加和草地的减少,广西丘陵区土地利用变化率比黔桂峰丛洼地区略高,主要为耕地的减少和建设用地的扩张。

3.2 CCA 排序分析

典范对应分析结果以二维平面图的形式直观地

表 3 1990—2015 年不同地区土地利用变化(km²,%)
 Table 3 Land-use change in various areas during 1990—2015(km²,%)

研究区		耕地	林地	草地	建设用地	水域	未利用地	变化率/%
贵州高原区	1990	23 342.66	34 850.29	1 4621.02	389.47	260.09	10.48	4.00
	2015	23 001.65	35 589.32	13 492.26	916.50	465.23	9.06	
	变化量	-341.01	739.03	-1 128.77	527.03	205.13	-1.42	
	合计	73 474.01						
黔桂峰丛洼地区	1990	6 007.68	23 290.85	6 859.91	51.83	90.04	0.06	1.60
	2015	5 966.63	23 167.39	6 734.30	159.40	271.93	0.73	
	变化量	-41.06	-123.45	-125.61	107.57	181.89	0.67	
	合计	36 300.37						
广西丘陵区	1990	26 827.31	63 115.34	10 809.76	2 038.21	1553.15	12.86	1.88
	2015	26 285.21	63 345.90	10 373.15	2 636.29	1 701.43	14.66	
	变化量	-542.10	230.56	-436.62	598.08	148.28	1.79	
	合计	104 356.63						

展示了分析样本、物种变量和环境因子之间的对应关系。在排序图中,圆点表示研究区内各县(市、区),圆点间的距离表示各县(市、区)之间土地利用变化的相似性;6种一级地类由三角点表示,三角点间的距离表示各土地利用类型变化之间的相似性;带有箭头的线段表示社会经济指标的变化,箭头的方向表示社会经济指标变化的趋势,箭头长度表示土地利用变化分布与社会经济指标变化间相关性的变化,箭头连线与排序轴的夹角代表该社会经济指标变化与排序轴相关性的大小,箭头之间夹角表示两种指标之间的相关性^[24],夹角越小,相关性越高。

3.2.1 贵州高原区

(1)相关性分析

CCA 分析结果表明,排序轴与土地利用变化和社会经济指标之间相关性显著。四个排序轴累计百分比分别为 56.9%,81.5%,95.4%,99.0%,可以看出,土地利用类型变化和社会经济指标之间的关系 50%以上体现在第一排序轴上,CCA 排序结果可以较好地解释土地利用变化与社会经济指标之间的相关性。

从表 4 可以看出,14 个社会经济统计指标的变化均与第一、第二排序轴的相关性较大。其中,地方

表 4 贵州高原区社会经济指标与排序轴间的相关性

Table 4 Correlations between socio-economic indices and ordering axes in the Guizhou plateau area

代码	指标	AX1	AX2	AX3	AX4
X1	地方财政收入	0.822 6	0.055 2	0.072 6	0.063 4
X2	社会消费品零售总额	0.815 2	0.085 5	0.083 4	0.079 1
X3	工业总产值	0.788 7	0.002 5	0.127 5	0.050 8
X4	农业生产总产值	0.412 6	0.036 3	0.406 3	-0.106 0
X5	农民人均纯收入	0.619 8	-0.040 0	0.215 7	0.011 7
X6	农业机械总动力	-0.345 3	0.134 8	0.228 7	-0.266 7
X7	化肥投入水平	-0.150 7	-0.170 0	0.262 3	-0.036 2
X8	耕地复种指数	-0.163 8	0.084 5	-0.055 7	0.004 9
X9	蔬菜播种面积	0.223 2	-0.137 8	0.038 9	-0.006 8
X10	水果面积占种植业比重	0.079 2	-0.144 6	-0.048 1	0.007 0
X11	大牲畜年末头数	-0.036 2	0.287 7	0.047 7	-0.143 2
X12	年末总人口	0.654 0	0.092 8	0.185 2	-0.110 6
X13	乡村劳动力	0.305 3	0.165 2	0.338 1	0.044 2
X14	人口城市化率	-0.005 6	0.187 4	0.357 5	-0.112 2

财政收入、社会消费品零售总额、工业总产值、农民人均纯收入和年末总人口等与第一排序轴为正相关,相关系数均在 0.60 以上,但是农业机械总动力、耕地复种指数、大牲畜年末头数和人口城市化率与第一排序轴负相关。第二排序轴主要与农业机械总动力、年末总人口、乡村劳动力及人口城市化率为正相关。因此,根据各社会经济统计指标与排序轴之间相关性的 大小,可将第一排序轴看作是经济因素轴,第二排序轴看作是人口因素轴,以便分析排序轴结果。

(2)土地利用类型变化排序分析

从图 4 可看出,贵州高原区 6 种一级地类变化在排序图中可分为 2 组,即位于第 I、II、IV 象限内的耕地、建设用地和水域为第一组,位于第 III 象限内的林地、草地、未利用地为第二组。从分组中可以看出,林地增加与草地减少相关性最大,建设用地扩张和耕地减少的相关性次之。由此可知,贵州高原区建设用地的增加是以牺牲大量耕地为代价的,其中以贵阳市辖区表现最为明显。

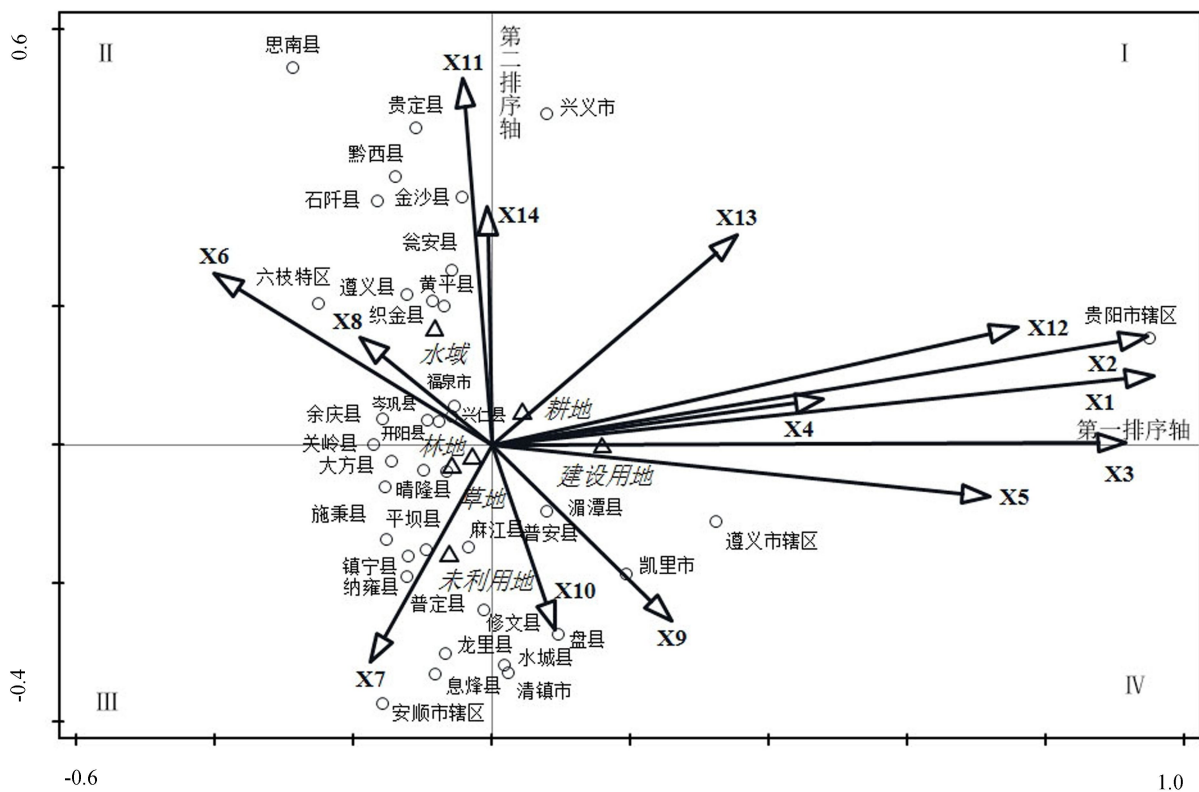


图 4 贵州高原区土地利用类型 CCA 排序图

Fig. 4 CCA ordering diagram of the land-use types and social economy in the Guizhou plateau area

(3)县(市、区)排序分析

从图 4 可看出,贵州高原区土地利用变化在空间上存在一定差异。根据排序结果,可以将 37 个县(市、区)在空间分布划分为 2 组,即位于第 I、IV 象限的贵阳市、兴义市、遵义市和凯里市为一组,位于第 II、III 象限的其余各县(市、区)为第二组。结合表 3 可知,贵阳市和兴义市建设用地的增加与耕地的减少位于同一象限,表明这两个城市的城镇化进程迅速。织金县水域面积变化最为显著,这主要与洪家渡水电站的修建有关,促使织金县的水域面积增加。

(4)社会经济统计指标变化相关分析

由图 4 可知,不同社会经济指标对土地利用类型变化作用力的方向和大小有所不同。根据驱动力作用的方向,大体上可将影响土地利用类型变化的社会经济统计因素分为 2 组,一是经济发展水平,包括位于第 I 象限的地方财政收入、社会消费品零售总额、工业总产值、农业生产总值、年末总人口、乡村劳动力和人口城市化率;二是农业生产水平,包括位于第 II、III 象限的农业机械总动力、化肥投入水平、耕地复种指数和大牲畜年末头数。农业机械总动力、耕地复种指数和大牲畜年末头数与区域经济发展水平方向相反,可以看出农业生产水平的增长与区域经济发展水

平反相关,即越发展农业,区域经济增长越缓慢,反之亦然;从向量大小可以看出,贵州高原区农业发展水平对区域经济发展贡献率不高。

总体来看,贵州高原区经济发展具有不平衡性和较大的空间差异性。可以看出,贵州高原区区域经济的不断发展是土地利用类型变化最直接的驱动力,而人口的快速增长和结构变化则是土地利用变化中最具活力的影响因素,一方面在制约经济的发展,另一方面又起到促进作用。从总体上看,建设用地的增加与耕地的减少在很大程度上与区域经济的发展有密

切的关系,随着区域经济的发展和人口的迅速增长,土地利用变化的区域差异性逐渐增大。

3.2.2 黔桂峰丛洼地区

(1)相关性分析

CCA 分析结果表明,排序轴与土地利用变化和社会经济指标之间有相关性显著。四个排序轴的累计百分比分别为 57.3%,80.6%,91.2%,98.3%,可以看出,土地利用变化和社会经济指标之间关系 50%以上体现在第一排序轴上,CCA 排序结果可以较好地解释土地利用变化与社会经济指标之间的相关性(表 5)。

表 5 黔桂峰丛洼地区社会经济指标与排序轴间的相关性

Table 5 Correlation between socio-economic indices and ordering axes in peak cluster areas of Guizhou and Guangxi

代码	指标	AX1	AX2	AX3	AX4
X1	地方财政收入	-0.509 2	-0.005 9	0.382 6	-0.315 8
X2	社会消费品零售总额	-0.351 9	0.035 9	0.273 9	-0.243 2
X3	工业总产值	0.139 6	-0.009 7	0.244 0	-0.377 9
X4	农业生产总产值	-0.436 5	0.054 4	0.250 86	-0.309 6
X5	农民人均纯收入	-0.546 7	0.076 2	0.001 3	-0.178 7
X6	农业机械总动力	-0.578 9	-0.307 1	-0.048 3	-0.296 1
X7	化肥投入水平	-0.019 6	0.277 7	-0.061 3	-0.074 3
X8	耕地复种指数	-0.343 7	0.355 2	-0.165 7	-0.114 9
X9	蔬菜播种面积	-0.114 8	-0.193 7	-0.041 9	-0.419 1
X10	水果面积占种植业比重	0.808 0	-0.195 4	-0.050 4	0.281 4
X11	大牲畜年末头数	-0.736 6	-0.121 6	-0.073 7	-0.190 5
X12	年末总人口	0.706 2	-0.179 2	0.367 2	-0.214 3
X13	乡村劳动力	-0.475 7	-0.138 7	-0.174 8	-0.370 7
X14	人口城市化率	0.598 9	-0.372 9	0.066 6	0.158 8

由表 5 可知,14 个社会经济统计指标的变化与第一、第二、第三排序轴的相关性较大。水果面积占种植业比重、年末总人口及人口城市化率与第一排序轴呈正相关,相关系数均在 0.50 以上;化肥投入水平和耕地复种指数与第二排序轴呈正相关;地方财政收入、社会消费品零售总额、工业总产值、农业生产总产值、农民人均纯收入及人口城市化率与第三排序轴呈正相关。因此,根据各社会经济统计指标与排序轴之间相关性的大小,可将第一排序轴看作人口因素轴,第二排序轴看作是农业因素轴,第三排序轴看作是经济因素轴,以便分析和解释排序轴结果。

(2)土地利用类型变化排序分析

从图 5 可看出,黔桂峰丛洼地区 6 种一级地类变化在排序图上可分为 3 组,即位于原点的林地和第 II 象限的建设用地和耕地为第一组,第 III 象限的未利用地和草地为第二组,位于第 IV 象限的水域为第三组。在土地利用变化类型分组中,草地的减少和未利用地的增加关系最为密切,建设用地的增加与林地面积的减少关系次之。结合表 3 可知,建设用地面积变化以都匀市最为明显,1990—2015 年 25 年间增加了 24.90 km²,占建设用地增加总面积的 23.15%。

(3)县(市、区)排序分析

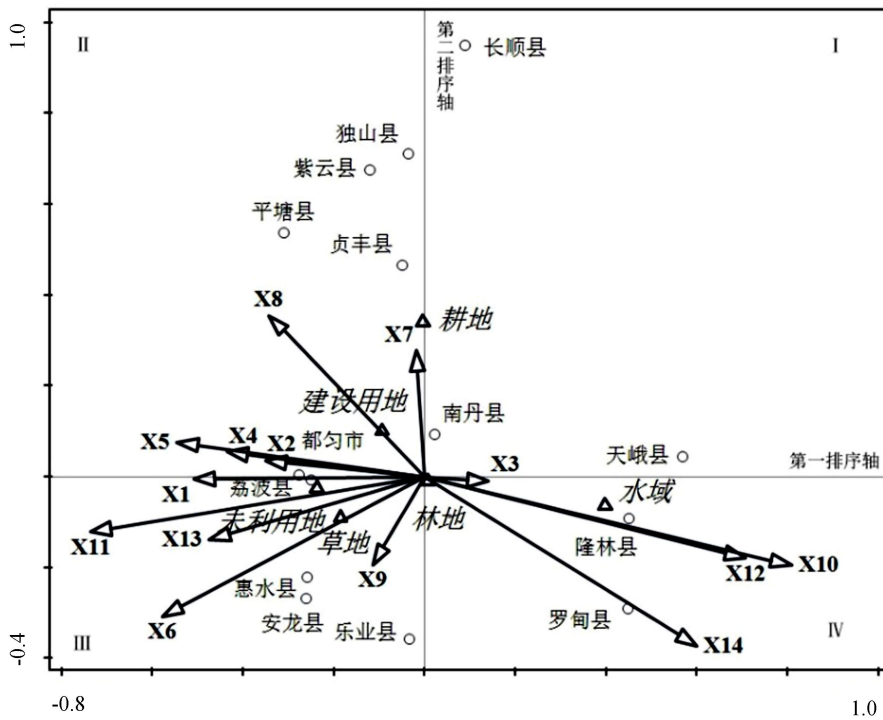


图5 黔桂峰丛洼地区土地利用类型 CCA 排序图

Fig. 5 CCA ordering diagram of land-use types in peak cluster areas of Guizhou and Guangxi

从图5可看出,黔桂峰丛洼地区土地利用变化空间差异明显。根据排序结果和各县(市、区)的社会经济发展情况,将14个县(市、区)在空间上划分为2组,即位于第I、IV象限的长顺县、南丹县、天峨县、隆林县和罗甸县为第一组;位于第II、III象限的都匀市、惠水县和安龙县等其余10个县(市、区)为第二组。都匀市的建设用地增长和耕地的减少位于同一个象限中,说明都匀市的城市化进程迅速。隆林县水域面积变化显著,这主要与隆林县天生桥一、二级水电站和平班水电站的修建有关,使得水域面积增加。

(4) 社会经济统计指标变化相关分析

从图5中可以看出,年末总人口和人口城市化率与经济因素方向相反,因此可以说人口增长的速度与经济发展呈反相关,即人口增长速度越快,区域经济发展越慢,反之亦然;总体来看,工业总产值对黔桂峰丛洼地区的区域经济发展贡献率不高,而农民人均纯收入相较于地方财政收入来说贡献率更大,由此可知,农业因素对于黔桂峰丛洼地区的区域经济发展起到更大的作用。

3.2.3 广西丘陵区

(1) 相关性分析

CCA分析结果表明,排序轴与土地利用变化和社会经济指标变化之间相关性显著。四个排序轴的

累计百分比分别为53.5%,84.2%,96.8%,98.9%,可以看出,土地利用变化和社会经济发展变化之间关系50%以上体现在第一排序轴上,CCA排序结果可以较好地解释土地利用类型变化与社会经济指标之间的相关性。

从表6可看出,14个社会经济统计指标的变化均与第二、第三、第四排序轴的相关性较大。第二排序轴主要与人口城市化率呈正相关,第三排序轴与化肥投入水平和耕地复种指数呈正相关,第四排序轴与农民人均纯收入、化肥投入水平、耕地复种指数和人口城市化率呈正相关,因此,根据各社会经济统计指标与排序轴之间相关性的大小,可将第二排序轴看作是人口因素轴,第三排序轴看作农业因素轴,第四排序轴看作是经济因素轴,以便更好的分析和解释排序图结果。

(2) 土地利用类型变化排序分析

从图6可看出,广西丘陵区6种一级地类变化在排序图上可分为3组,即位于第I、II象限的水域和未利用地为第一组,位于第III象限的建设用地和耕地为第二组,位于第IV象限的林地和草地为第三组。在土地利用类型变化的分组中,耕地的减少和建设用地增加相关性最大,林地的增加和草地的减少相关性次之。结合表3可知,在1990—2015年25年间,耕地

表 6 广西丘陵区社会经济指标与排序轴之间的相关性

Table 6 Correlation between socio-economic indices and ordering axes in the Guangxi hilly area

代码	指标	AX1	AX2	AX3	AX4
X1	地方财政收入	-0.446 2	-0.222 6	-0.187 1	-0.159 1
X2	社会消费品零售总额	-0.490 6	-0.213 3	-0.261 4	-0.168 5
X3	工业总产值	-0.462 9	-0.208 0	-0.167 8	-0.168 6
X4	农业生产总产值	-0.409 5	-0.226 0	-0.237 6	-0.143 2
X5	农民人均纯收入	0.009 2	-0.431 7	-0.447 3	0.132 7
X6	农业机械总动力	-0.273 7	-0.316 1	-0.279 6	-0.158 3
X7	化肥投入水平	0.142 9	-0.203 8	0.010 5	0.092 8
X8	耕地复种指数	0.036 7	-0.193 6	0.538 0	0.054 2
X9	蔬菜播种面积	-0.320 1	-0.321 9	-0.242 2	-0.054 5
X10	水果面积占种植业比重	-0.115 4	-0.038 0	-0.020 1	-0.085 9
X11	大牲畜年末头数	-0.053 4	-0.330 3	-0.240 7	-0.128 6
X12	年末总人口	-0.196 4	-0.345 0	-0.179 0	-0.122 3
X13	乡村劳动力	-0.473 4	-0.257 5	-0.191 2	-0.100 0
X14	人口城市化率	-0.033 7	0.019 3	-0.023 3	0.202 3

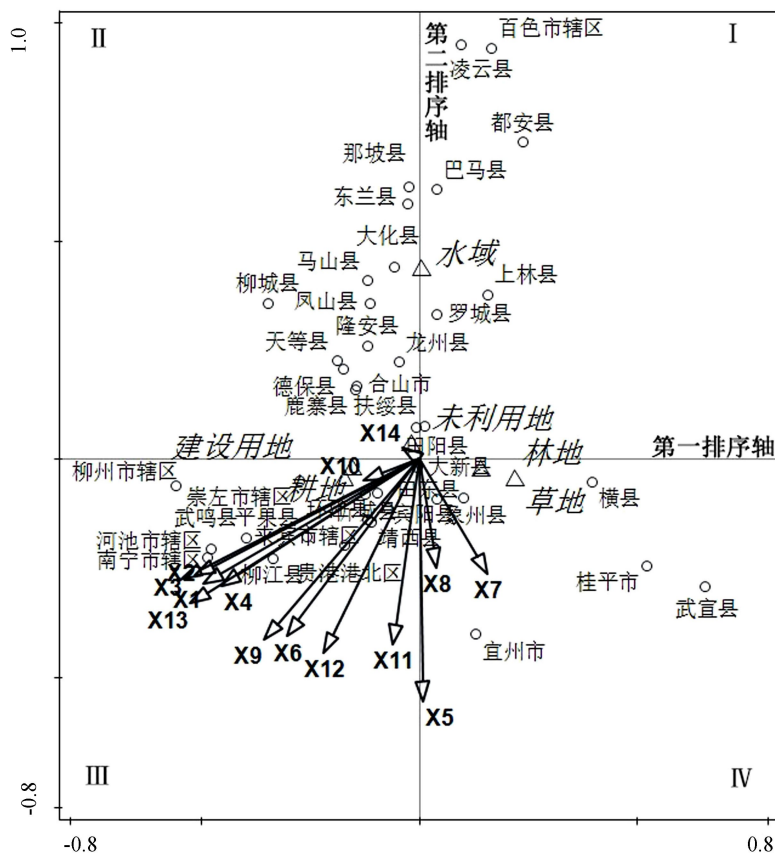


图 6 广西丘陵区土地利用类型 CCA 排序图

Fig. 6 CCA ordering diagram of land-use types in the Guangxi hilly area

大面积转化变为建设用地,占耕地总转出面积的 55.37%,由此可知,广西丘陵区建设用地面积的增加是以牺牲耕地为代价的。

(3)县(市、区)排序分析

从图 6 可看出,广西丘陵区土地利用变化在空间上存在一定的差异。可以将 40 个县(市、区)分为 3

组,即位于第Ⅰ、Ⅱ象限的巴马县、大化县和东兰县等20个县为第一组;位于第Ⅲ象限内的河池市、南宁市和柳州市等14个县(市、区)为第二组;位于第Ⅳ象限的其余6个县(市、区)划分为第三组。结合表3可知,南宁市和来宾市建设用地面积的增加和耕地面积的减少位于同一象限,表明南宁市和来宾市城市化进程发展快速,其中以南宁市城市化进程更为显著;桂平市林地增多与草地减少位于同一象限,说明桂平市林地面积的增加是以牺牲草地为代价的;水域面积变化以大化县最为显著,这主要与大化县修建的岩滩水电站有关,使得红水河上游水位升高,流域面积增加。

(4) 社会经济统计指标变化相关分析

从图6可看出,广西丘陵区社会经济指标相关性较高,大致集中在第Ⅲ象限。区域经济因素与农业因素和人口因素均呈正相关,表明广西丘陵区土地利用类型变化与区域经济发展具有显著的相关性。具体来看,地方财政收入,社会消费品零售总额、工业总产值和农业生产总产值等经济因素对南宁市、河池市和柳州市等经济发展快速的地区驱动作用更加显著,而蔬菜播种面积、农业机械总动力、大牲畜年末头数、年末总人口和乡村劳动力等农业结构水平因素对靖西县和田阳县等县(市、区)驱动力更大。总体可看出,经济因素和农业结构水平因素对广西丘陵区土地利用类型变化驱动作用更加明显。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 采用非线性的典范对应分析方法,其结果能够直观清晰地展现出土地利用变化与社会经济因素之间的相关性,从而分析土地利用类型变化的空间差异性。在社会经济发展水平的制约下,黔桂岩溶山区不同行政单元土地利用类型变化与社会经济发展水平呈现出明显的空间分异现象。贵州高原区以草地的大幅减少和林地的增加为主要特征,1990—2015年间草地面积减少了1 128.77 km²,林地面积增加739.03 km²;黔桂峰丛洼地区以水域的大面积增加和草地的减少为主要特征,水域面积增加181.89 km²,草地减少125.61 km²;广西丘陵区以耕地的减少和建设用地的增加为主要特征,耕地减少542.10 km²,建设用地增加598.08 km²。

(2) CCA排序结果反映出黔桂岩溶山区不同地貌类型的区域其土地利用类型变化驱动力存在差异。贵州高原区土地利用类型变化以经济和人口因素为

主要驱动力;广西丘陵区土地利用类型变化经济因素和农业结构水平因素;农业因素对黔桂峰丛洼地区的土地利用变化驱动作用明显。

4.2 讨论

黔桂岩溶山区土地利用类型变化区域特征差异显著,贵州高原土地利用变化主要为草地的减少和林地的增多,黔桂峰丛洼地区土地利用变化主要为水域的增加和草地的减少,随着城镇化进程的加快,广西丘陵区土地利用变化主要为耕地的减少和建设用地的扩张。针对不同的土地利用变化需因地制宜、分区优化配置土地资源利用结构和水平。针对以草地迅速减少为主要特征的贵州高原区和黔桂峰丛洼地区,应提高政府和公众对草地生态功能重要性的认识,在推动农业经济转型发展、后备土地资源开发的同时兼顾对草地资源的保护;以农业发展为主的黔桂峰丛洼地区,建议该地区加强对优质耕地的保护,推进农业结构调整,发展高效生态农业,以提高优质耕地土地利用程度代替草地等后备土地资源开发,推动山区土地利用转型与绿色发展^[27];广西丘陵区以建设用地增加和耕地减少为主要特征,城市发展应向低丘缓坡地带扩张,减少占用优质耕地,建设山地特色城市。未来在破解我国岩溶山区不均衡、不充分发展矛盾的背景下,西部大开发、“三个1亿人”城镇化战略、易地扶贫攻坚等政策持续推进,黔桂岩溶山区土地系统仍然面临着协调社会经济发展与土地资源可持续利用的问题,仍需政府和学界关注。

参考文献

- [1] 杨勇,任志远. 关中地区土地利用综合分区及对策研究[J]. 地理研究,2010,29(1):154-162.
- [2] 王观湧,张乐,陈青锋,等. 土地利用景观格局演变及驱动力分析:以唐山市曹妃甸新区为例[J]. 水土保持研究,2014,21(5):84-88.
- [3] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1996(6):553-558.
- [4] 华文剑,陈海山,李兴. 中国土地利用/覆盖变化及其气候效应的研究综述[J]. 地球科学进展,2014,29(9):1025-1036.
- [5] 李名勇,晏路明,王丽丽,等. 基于高程约束的区域LUCC及其生态效应研究:以福州市为例[J]. 地理科学,2013,33(1):75-82.
- [6] 摆万奇,赵士洞. 土地利用变化驱动力系统分析[J]. 资源科学,2001(3):39-41.
- [7] 杨梅,张广录,侯永平. 区域土地利用变化驱动力研究进展与展望[J]. 地理与地理信息科学,2011,27(1):95-100.
- [8] 袁磊,杨昆. 土地利用变化驱动力多尺度因素的定量影响分析[J]. 中国土地科学,2016,30(12):63-70.
- [9] 王静爱,何春阳,董艳春,等. 北京城乡过渡区土地利用变化驱动力分析[J]. 地球科学进展,2002(2):201-208+304.

- [10] 郭程轩,徐颂军,巫细波.基于地统计学的佛山市土地利用变化驱动力时空分异[J].经济地理,2009,29(9):1524-1529.
- [11] 王兆礼,陈晓宏,曾乐春,等.深圳市土地利用变化驱动力系统分析[J].中国人口.资源与环境,2006(6):124-128.
- [12] 王友胜,刘霞,姚孝友,邢先双,张振国,张光灿,李欢,单桂梅.沂蒙山区土地利用格局变化与经济社会发展的典范对应分析[J].中国水土保持科学,2011,9(6):71-78.
- [13] 徐小明,杜自强,张红,等.晋北地区1986~2010年土地利用/覆被变化的驱动力[J].中国环境科学,2016,36(7):2154-2161.
- [14] 郝占庆,郭水良,叶吉.长白山北坡木本植物分布与环境关系的典范对应分析[J].植物生态学报,2003(6):733-741.
- [15] 王宇飞,赵秀兰,何丙辉,等.汉丰湖夏季浮游植物群落与环境因子的典范对应分析[J].环境科学,2015,36(3):922-927.
- [16] 孟睿,何连生,过龙根,等.长江中下游草型湖泊浮游植物群落及其与环境因子的典范对应分析[J].环境科学,2013,34(7):2588-2596.
- [17] 岳跃民,王克林,张伟,陈洪松,王敏.基于典范对应分析的喀斯特峰丛洼地土壤-环境关系研究[J].环境科学,2008(5):1400-1405.
- [18] 贾文臣,王卷乐,杜佳.胶东地区主要土地利用变化类型与影响因子的关系[J].地理科学进展,2009,28(4):591-596.
- [19] 赵宇鸾,张颖,李秀彬.黔桂岩溶山区土地利用冲突强度演变及其空间分异特征[J].中国岩溶,2017,36(4):492-500.
- [20] 赵宇鸾,李秀彬,张颖.黔桂喀斯特山地与山区类型划分技术与应用[J].地球信息科学学报,2017,19(7):934-940.
- [21] 熊平生,袁道先,谢世友.我国南方岩溶山区石漠化基本问题研究进展[J].中国岩溶,2010,29(4):355-362.
- [22] 苏维词.中国西南岩溶山区石漠化的现状成因及治理的优化模式[J].水土保持学报,2002(2):29-32,79.
- [23] 张信宝.贵州石漠化治理的历程、成效、存在问题与对策建议[J].中国岩溶,2016,35(5):497-502.
- [24] 孔祥丽,王克林,陈洪松,等.广西河池地区土地利用变化与社会经济发展水平关系的典范对应分析[J].自然资源学报,2007(1):131-140.
- [25] 索安宁,洪军,林勇,等.黄土高原景观格局与水土流失关系研究[J].应用生态学报,2005(9):1719-1723.
- [26] 张金屯.植被与环境关系的分析II:CCA和DCCA限定排序[J].山西大学学报(自然科学版),1992(3):292-298.
- [27] 赵宇鸾,葛玉娟,旷成华,等.乡村振兴战略下贵州山区森林转型路径研究[J].贵州师范大学学报(自然科学版),2018,36(1):1-7.

Analysis of land-use changes and socio-economic factors in karst mountainous areas of Guizhou and Guangxi

YANG Xingyan¹, ZHAO Yuluan^{1,2}, LI Xiubin²

(1. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;
2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract This paper is based on data of land use and economic and social statistics of karst mountainous areas in Guizhou and Guangxi in 1990 and 2015. A demonstration analysis is conducted to land-use changes and economic and social driving factors during the period from 1990 to 2015. Results show that there are obvious spatial and temporal variations in land-use changes in the study area. (2) The Guizhou plateau area is characterized by the decrease of grassland and the increase of forest land. The peak cluster areas in Guizhou and Guangxi are featured by the increase of water area and the decrease of grassland; The main features of the Guangxi hilly areas are the reduction of cultivated land and the increase of construction land. (3) The land-use change in the Guizhou Plateau is mainly driven by economic and demographic factors; the economic factors of land use change and the level of agricultural structure in the Guangxi hilly area. The agricultural factors have a significant driving effect on land use change in the peak cluster areas. In the future, the importance of ecological function of grassland in karst mountainous areas of the Guizhou plateau and the peak cluster areas should be raised, and the protection of grassland resources should be strengthened while the restoration of forest vegetation should be strengthened. Under the background of urbanization development, these karst mountain areas should reduce the occupation of high-quality cultivated land, develop the land of low hills and gentle slopes, and build characteristic cities in mountainous areas.

Key words land use change, CCA, driving force, karst mountainous area

(编辑 吴华英)