

基于空间洛伦茨曲线的喀斯特县域土地利用结构变化分析

——以广西都安为例

苏广实^{1,2}, 王世杰¹, 胡宝清³, 李月连³ (1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002; 2. 广西教育学院旅游与环境学系, 广西南宁 530023; 3. 广西师范学院资源与环境科学学院, 广西南宁 530001)

摘要 基于喀斯特典型县域——都安瑶族自治县 1977 年航片数据, 1988、1999 和 2005 年遥感影像数据, 采用空间洛伦茨曲线和基尼系数分析方法, 对都安县 28 年来土地利用结构变化进行定量分析。结果表明: 在空间分布上, 疏林地、有林地、草地和沟谷耕地在各乡镇分布不均衡, 灌丛地、建设用地、裸岩地和坡耕地在各乡镇分布的面积比例大致相等; 在时间演变上, 坡耕地、裸岩地、建设用地和有林地朝着均匀的方向分布; 灌丛地、草地和沟谷耕地面积不断减少, 朝着相对集中的方向分布。该结论可为喀斯特县域合理利用土地、石漠化综合防治和生态修复提供参考。

关键词 洛伦茨曲线; 基尼系数; 喀斯特县域; 土地利用结构

中图分类号 F301.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)27-13404-04

Change Analysis of Land Use Structure in Karst County Area Based on Spatial Lorenz Curves

SU Guang-shi et al (State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550002)

Abstract Based on the aerial-photographs data of typical karst county Duan in 1977 and the remote sensing image data in 1988, 1999 and 2005, the changes of land use structure in Karst county area during the past 28 years were qualitatively analyzed, by applying the spatial Lorenz curve and Gini coefficients. The results showed that in space woodland, forest, grass and valley of arable land were distributed unbalance; while shrub, construction, uncovered rock and sloping land were distributed with roughly equal proportion in the towns and villages. In temporal evolution, the distribution of sloping land, uncovered rock, construction and forest become more balance, yet the area of shrub, grass, valley of arable land decreased and they distribute became relative concentration. This results can be helpful for rational use of land in karst county area, integrated control of rock desertification and ecological restoration.

Key words Lorenz curve; Gini coefficients; Karst county area; Land use structure

土地利用结构是指国民经济各产业及内部各部门用地面积的对比及空间匹配关系。它反映了一个地区土地利用程度的合理性及生产结构特点^[1]。区域土地利用只有建立合理性的结构, 才能保持一定的土地利用系统良性循环, 从而使区域土地利用生态经济效益最大化^[2]。因此, 研究土地利用结构特征及时间变化规律对区域产业布局、土地合理利用具有重要的指导和现实意义。当前, 对土地利用空间结构的研究, 尤其是对土地利用结构分析方法的探讨已经成为土地科学研究的焦点^[3], 广大学者进行了富有成效的研究^[4-8]。近年来, 一些学者应用洛伦茨曲线和基尼系数的基本原理对区域土地利用结构进行研究^[3,9-11], 结果发现能较准确、直观地反映土地利用结构变化的规律。借鉴前人的研究成果, 笔者应用洛伦茨曲线和基尼系数的基本原理, 以我国西南喀斯特典型县域——都安瑶族自治县(下文简称为都安县)为例, 分析都安县 1977~2005 年土地利用空间结构变化规律, 以期对喀斯特山区产业合理布局和土地的节约集约利用提供科学依据。

1 研究区概况

都安县位于广西中部偏西, 位于 107°46'~108°31' E, 23°48'~24°35' N, 地处云贵高原向广西盆地过渡的斜坡地带。地势西北高, 东南低, 地形复杂, 岩石裸露, 山高谷深, 洼地遍布。全境多以喀斯特石山为主, 分为峰丛洼地、峰丛谷地和峰林谷地 3 种地貌单元, 只有少数地带有土山丘陵分

布。山地、丘陵、台地和谷地平原分别占全县面积的 77.9%、13.2% 和 8.9%。气候为中亚热带季风气候与南亚热带季风气候区的过渡地带, 年均气温 18.2~21.7℃, 年降雨量 1 200~1 900 mm。雨量集中于夏季, 约占年降雨量的 68.3%, 且以暴雨形式降落, 常造成洪涝灾害。地表水系不发育, 地下水丰富, 但埋藏深, 水量、水位动态不稳, 春、秋干旱, 水土流失日趋严重。地层以石炭系和二叠系的碳酸盐岩为主, 约占总面积的 90%。土壤以石灰岩土为主, 占全县土地总面积的 83.28%。自然植被以石山区的亚热带喜钙耐旱常绿阔叶树为主, 由于人为毁林严重, 多已沦为石山藤木灌丛植被。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源 研究采用的数据来源于遥感影像数据和航片数据, 包括 1977 年航片数据、1988 和 1999 年 TM 影像数据、2005 年 SPOT-2/4 影像数据。利用 1:5 万的地形图对 2005 年 SPOT-2/4 影像进行几何校正, 在此基础上对 1988 与 1999 年的影像进行配准, 配准误差控制在 0.5 个像元以内。综合考虑都安喀斯特土地利用特点及相关数据源的科学性、可获取性、可操作性与可比性等, 采用二级分类对都安喀斯特土地利用进行分类, 其中一级地类共分为 6 类: 林地、草地、耕地、水域、建设用地和未利用地; 二级地类中, 林地分为有林地、灌丛地和疏林地, 耕地分为沟谷耕地和坡耕地, 水域分为河流和塘、库, 未利用地为裸岩地, 草地和建设用地不再细分。按 1:10 万的比例尺对各期影像数据进行人工目视解译, 得出 1988、1999 和 2005 年 3 个时期土地利用类型图。经检验, 解译精度符合要求。采用 1977 年航片进行矢量化得 1977 年 1:10 万的土地利用类型图。由此可以获得 1977、1988、1999 和 2005 年 4 个时期 1:10 万的都安喀斯特土地利用类型图。经统计得到上述 4 个时期都安县及各乡镇各类

基金项目 国家自然科学基金“基于 SOTER 数据库的广西石漠化的胁迫阈值与综合评估研究”(40661005); 广西自然科学基金项目(桂科基 067922)。

作者简介 苏广实(1968-), 男, 广西隆安人, 博士, 讲师, 从事喀斯特土地资源开发与利用、石漠化成因与治理研究。

收稿日期 2009-08-08

用地构成数据。由于受地形地貌等自然条件限制,水域面积比例很小,研究时段内,其空间分布和面积基本不变,因此,不对水域进行分析。

2.2 研究方法

2.2.1 洛伦茨曲线的基本原理。

洛伦茨曲线 (Lorenz Curve) 是美国经济统计学家 M. Lorenz 在 1905 年提出的,它利用频率累计数绘制成的曲线来刻画其不平等(集中或分散)程度,是经济学上研究地区之间收入差距或财富不平等的一种分析手段。洛伦茨曲线在坐标轴中的意义是:横轴和纵轴上的点都是由累计百分比构成,曲线上任意一点的含义是某一百分比的人口拥有的财富百分比。洛伦茨曲线为向内凹的曲线,当与横坐标成 45° 夹角时,该曲线称为绝对均匀线。当曲线距离绝对均匀线越近时表示地区间收入差距越小,财富分配较为平等;反之,则表示地区间收入差距越大,财富分配越不平等。利用洛伦茨曲线的这一基本原理,可以直观显示某种土地利用类型在研究区空间分布的差异性,若所得曲线越接近绝对均匀线,曲线离差较小,表明该土地利

用类型在研究区分布越均匀;反之,则表明该土地利用类型在研究区中的区域分布差异较大,即分布相对集中^[10]。

2.2.2 空间洛伦茨曲线的绘制。

首先,利用研究区内(都安县)不同区域(各乡镇)某年各地类土地利用原始数据,求得不同区域(各乡镇)某地类的区位熵。区位熵又称为专门化率,指某一地区某土地利用类型面积占区域该土地利用类型总面积的比值与该地区土地总面积占区域土地总面积之比。公式为:

$$Q = (A_1/A_2)/(A_3/A_4) = \text{各地类面积百分比/总土地面积百分比}$$

式中, Q 为区位熵; A_1 为研究区(都安县)某区域(某乡镇)某种土地利用类型的面积; A_2 为研究区(都安县)某土地利用类型总面积; A_3 为研究区(都安县)某区域(某乡镇)土地总面积; A_4 为研究区(都安县)土地总面积。

其次,按区位熵大小从低到高依次排列,并计算出土地总面积的累计百分比和各类土地利用面积的累计百分比。研究以 1977 年坡耕地地区位熵为例(表 1),其他地类略。

表 1 1977 年都安喀斯特山区坡耕地累计百分比

Table 1 Accumulative percentage of karst cultivated land in Duan County in 1977

乡镇 Towns	区位熵 Location entropy	坡耕地 Slope farmland	土地 Land	坡耕地累计 Accumulative slope farmland	土地累计 Accumulative land	乡镇 Towns	区位熵 Location entropy	坡耕地 Slope farmland	土地 Land	坡耕地累计 Accumulative slope farmland	土地累计 Accumulative land
地苏	0.049	0.206	4.176	0.206	4.176	大兴	0.938	3.877	4.131	17.846	45.797
东庙	0.112	0.412	3.668	0.618	7.844	加贵	1.018	4.553	4.470	22.399	50.267
安阳	0.195	0.088	0.455	0.707	8.299	九渡	1.046	4.384	4.191	26.783	54.458
古山	0.205	0.511	2.494	1.217	10.793	板岭	1.135	7.404	6.525	34.187	60.983
三弄	0.208	0.475	2.280	1.692	13.073	三只羊	1.395	8.831	6.330	43.018	67.314
澄江	0.226	0.856	3.789	2.548	16.862	永安	1.456	7.375	5.065	50.393	72.379
龙湾	0.251	1.061	4.222	3.609	21.084	隆福	1.648	6.660	4.040	57.053	76.419
高岭	0.269	1.313	4.872	4.922	25.956	五竹	1.714	4.139	2.414	61.192	78.833
菁盛	0.333	1.801	5.417	6.723	31.372	下坳	1.732	13.994	8.078	75.187	86.911
保安	0.587	3.322	5.657	10.045	37.029	拉烈	1.761	13.785	7.826	88.972	94.737
拉仁	0.846	3.924	4.636	13.969	41.665	百旺	2.095	11.028	5.263	100.000	100.000

最后以总土地面积累计百分比为横坐标,以某地类面积累计百分比为纵坐标,各取 100 长度,绘出坐标图。以各累计数绘制坐标点,得到的曲线与绝对均匀线的离差就是该地类实际分布与在全县均匀分布的差异测度。根据上述方法和数据绘制成 1977、1988、1999 和 2005 年 4 个时段的都安喀斯特各土地利用类型的洛伦茨曲线图(图 1)。

2.2.3 空间基尼系数。

基尼系数(Gini Coefficient)由意大利经济学家基尼于 1922 年提出,是国际上用来综合考察居民内部收入分配差异状况的一个重要分析指标。其经济含义是:在全部居民收入中,用于进行不平均分配的那部分收入占总收入的百分比。洛伦茨曲线可以直观显示某种土地利用类型在全区空间分布的差异性,但无法对其差异(或均匀与不均匀)的程度进行定量描述。为此,引入了基尼系数,来进一步定量描述土地利用类型的分布情况。在洛伦茨曲线图上,基尼系数反映的几何意义是曲线与绝对均匀线之间面积和绝对均匀线以下的三角形面积之比,因此,也称为洛伦茨系数。基尼系数的计算公式为^[12-13]:

$$G = \sum_{i=1}^{n-1} (M_i Q_{i+1} - M_{i+1} Q_i)$$

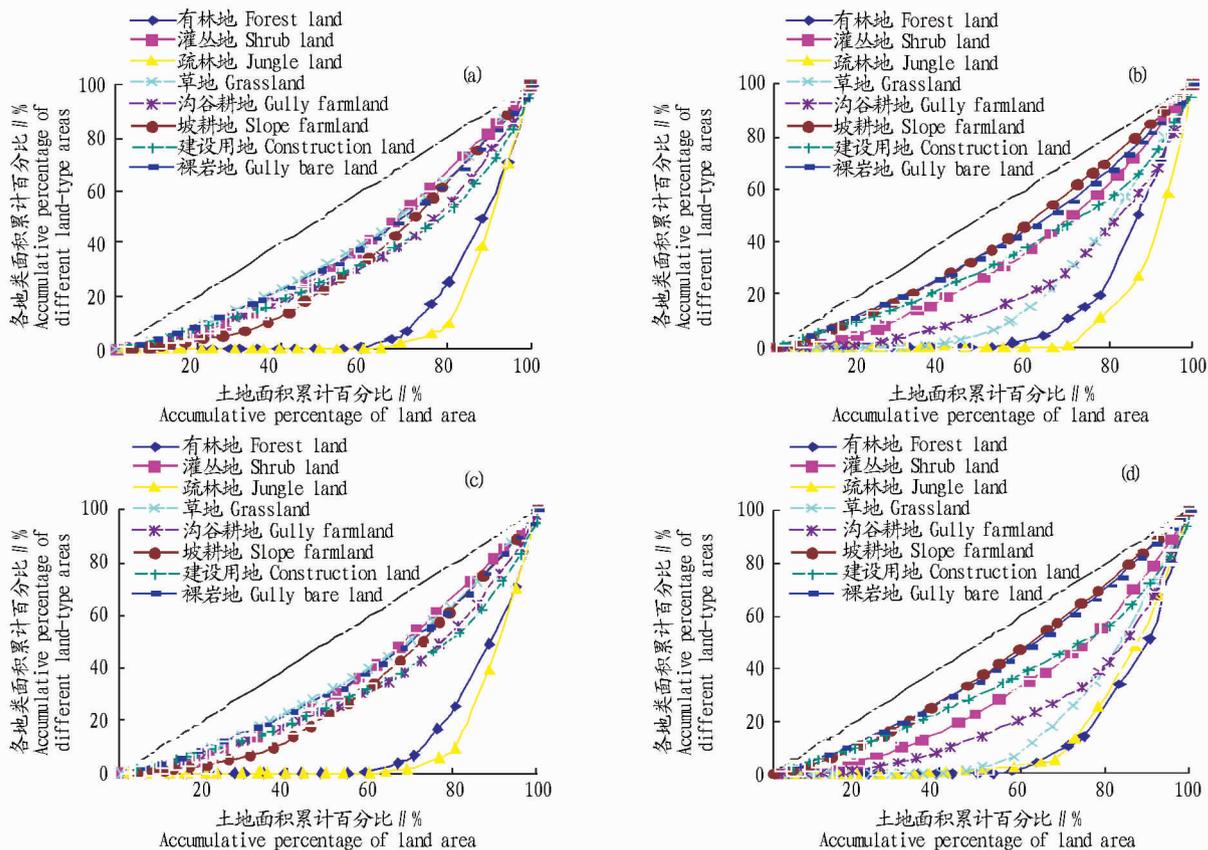
式中, G 为基尼系数, M_i 为某乡镇某一用地类型面积累计百分比, Q_i 为某乡镇土地在全县土地面积中的累计百分比。研究包括了都安县 22 个乡镇,故 i 的取值范围是 $0 < i < 23$, i 为整数。基尼系数的计算结果见表 2。

3 结果与分析

通过分析都安县 1977、1988、1999 和 2005 年 4 个时段各土地利用类型洛伦茨曲线图和基尼系数,可以看出都安喀斯特土地利用结构的空间差异性和演变特征。

3.1 空间差异性分析

通过都安县 4 个时期的洛伦茨曲线与基尼系数的相互对照发现两者有很高的一致性。这反映了都安喀斯特土地利用结构的空间差异性。总体而言,疏林地、有林地、草地和沟谷耕地离绝对均匀线较远,基尼系数较大,说明这几种用地类型在都安喀斯特山区各乡镇分布不均衡,即主要集中分布在少数乡镇;其中,疏林地和有林地各乡镇分布的不均衡性尤为突出。灌丛地、建设用地、裸岩地和坡耕地离绝对均匀线较近,基尼系数较小,这几种用地类型在都安喀斯特山区各乡镇分布较为分散,即分布在各乡镇的面积比例大致相等;其中,坡耕地离绝对均匀线最近,基尼系数最小,其次是裸岩地,这两种土地类型在各乡镇分布尤



注: (a). 1977年; (b). 1988年; (c). 1999年; (d). 2005年。

Note: (a). 1977; (b). 1988; (c). 1999; (d). 2005.

图1 1977、1988、1999和2005年都安喀斯特各土地利用类型洛伦茨曲线

Fig. 1 Lorenz curves of different karst land types in Duan in 1977, 1988, 1999 and 2005

表2 1977、1988、1999和2005年都安喀斯特主要用地类型基尼系数

Table 2 Gini coefficients of major karst land use types in Duan in 1977, 1988, 1999 and 2005

土地利用类型 Land use types	1977年	1988年	1999年	2005年
有林地 Forest land	0.734	0.705	0.733	0.731
灌丛地 Shrub land	0.288	0.331	0.376	0.378
疏林地 Jungle land	0.786	0.803	0.781	0.706
草地 Grassland	0.264	0.570	0.615	0.619
沟谷耕地 Gully farmland	0.378	0.541	0.533	0.541
坡耕地 Slope farmland	0.365	0.194	0.196	0.186
建设用地 Construction land	0.383	0.321	0.325	0.322
裸岩地 Gully bare land	0.272	0.210	0.197	0.186

为均衡。上述分析结果和现实情况基本相符,如与1999年的影像解译结果基本一致(表3)。

由表3可见,1999年疏林地集中分布在板岭(42.43%)、下坳(30.68%)和百旺(16.25%)3个乡镇,约占全县土地面积的21.38%,分布了全县疏林地面积的89.36%;有林地分布也出现类似情形,上述3个乡镇分布了全县有林地面积的79.11%,少量分布在拉烈(7.81%)、保安(6.58%)和澄江(4.61%)等乡镇;草地集中分布在下坳(26.67%)、三只羊(19.56%)、板岭(19.54%)3个乡镇,约占全县土地面积的22.14%,分布了全县草地面积的65.77%,少量分布在百旺(8.88%)、永安(6.86%)、拉仁(6.43%)和加贵(5.04%)等乡镇;沟谷耕地分布相对分散,除菁盛和五竹两乡外,其余各乡镇均有分布,但其集中程度也较高,主要集中分布在地苏

(16.12%)、百旺(14.12%)、澄江(13.58%)和高龄(9.29%)4个乡镇,占全县土地面积的18.72%,分布了全县沟谷耕地面积的53.11%。由表3还可以看出,坡耕地、裸岩地在各乡镇均有分布,且所占比例相差不大,分布较均衡;建设用地、灌丛地在各乡镇虽均有分布,但个别乡镇出现较大分布比例,因此不如坡耕地、裸岩地分布均衡。

其他各时段均出现类似的分布情况,这种分布情况反映了疏林地、有林地、草地和沟谷耕地是决定都安喀斯特土地利用结构空间差异的主要土地利用类型。造成这种差异的原因除了受地形地貌、岩性、土壤、水文等自然因素制约外,人为干扰尤为突出,由于滥垦、滥伐、滥牧、滥樵等破坏性的土地利用方式,林草损毁严重,仅集中分布在极少数乡镇;大面积陡坡开垦的结果是坡耕地在全县均衡分布,岩石裸露面积扩大,石漠化日益严重,生态环境恶化。

3.2 时间演变特征分析 由图1、表2可以看出,1977~2005年的28年间,坡耕地、裸岩地、建设用地、疏林地和有林地的洛伦茨曲线与绝对均匀曲线相互趋近,基尼系数趋向减少,表明坡耕地、裸岩地、建设用地和有林地朝着均匀的方向分布。从遥感解译结果可看到这4种地类的分布明显扩大,其中坡耕地扩大是人口增加所致,陡坡毁林(灌木林)毁草、过度开垦的结果;建设用地扩大主要是占用交通、水电便捷的沟谷耕地;裸岩地扩大意味着喀斯特土地石漠化面积扩大。石漠化是在喀斯特脆弱生态环境下,人类不合理的社会经济活动,造成植被破坏、水土流失、岩石逐渐裸露、土地生

产力衰退丧失,地表呈现类似于荒漠景观的演变过程,裸岩地的不断增加反映了喀斯特生态环境的恶化——石漠化;疏林地面积扩大是果园、茶园面积增加以及落实国家退耕还林政策的结果;有林地扩大的主要原因是其分布区域地形险峻,受人为干扰小,也与当地政府加强有林地保护有关。

与上述情况相反,灌丛地、草地和沟谷耕地的洛伦茨曲线与绝对均匀曲线相互疏远,基尼系数趋向增加,反映了灌

丛地、草地和沟谷耕地面积不断减少,朝着相对集中的方向分布。其中,灌丛地、草地的减少标志着灌丛地和草地不断被垦殖,石漠化面积在扩大;沟谷耕地面积的减少反映了喀斯特山区优质耕地被占用,直接威胁都安县粮食安全,但与灌丛地和草地相比,其变化幅度相对缓和,主要得益于国家严厉的耕地保护制度。

表 3 1999 年都安县各乡镇各类用地构成

Table 3 The constitution percentage of different land use types in the towns and villages of Duan County in 1999

乡镇 Towns	有林地 Forest land	灌丛地 Shrub land	疏林地 Jungle land	草地 Grassland	沟谷耕地 Gully farmland	坡耕地 Slope farmland	建设用地 Construction land	水域 Water area	裸岩地 Gully bare land	土地面积比例 Land are percentage
地苏	0.00	0.16	0.00	0.00	16.12	1.15	8.61	14.46	5.06	4.36
三弄	0.00	0.00	0.00	0.00	3.17	1.66	1.71	2.03	3.27	2.09
澄江	4.61	0.13	0.40	1.52	13.58	1.83	11.37	9.82	3.86	3.83
龙湾	0.00	1.20	0.00	0.00	0.97	4.25	1.89	6.21	6.55	4.02
菁盛	0.00	2.85	0.00	0.00	0.00	7.59	2.26	4.54	7.55	5.01
东庙	0.00	1.45	0.00	0.00	2.24	4.69	2.37	1.85	5.02	3.42
安阳	0.00	0.00	0.00	0.01	1.56	0.02	5.79	2.24	0.32	0.44
高岭	0.00	2.23	0.00	0.60	9.29	3.63	9.60	9.06	6.14	4.90
古山	0.00	0.99	0.00	0.00	0.15	3.56	0.90	0.00	3.49	2.25
保安	6.58	7.19	0.00	0.60	0.16	7.84	3.97	0.00	6.99	5.78
百旺	34.64	3.01	16.25	8.88	14.12	2.99	8.40	20.53	2.72	5.63
拉烈	7.81	13.47	1.40	3.41	4.71	9.72	7.40	4.78	6.20	7.48
大兴	0.00	3.27	0.00	0.04	3.87	5.05	3.55	0.70	5.19	4.03
五竹	0.00	2.69	0.00	0.00	0.00	3.00	1.35	0.00	3.33	2.43
隆福	0.11	6.80	0.00	0.84	0.18	5.30	1.95	0.00	3.90	3.77
加贵	0.00	9.47	0.15	5.04	6.73	3.79	3.91	0.15	2.89	4.53
永安	0.00	6.34	0.00	6.86	2.70	4.75	3.45	0.00	5.33	5.00
下坳	23.22	6.41	30.68	26.67	5.89	8.26	6.26	1.06	6.18	8.67
九渡	0.00	10.18	0.00	0.00	1.59	4.43	2.96	4.38	3.22	4.12
板岭	21.25	6.60	42.43	19.54	5.65	4.85	5.81	13.71	3.82	7.08
拉仁	1.33	9.18	6.76	6.43	6.01	3.76	3.34	4.47	3.00	4.77
三只羊	0.45	6.36	1.93	19.56	1.29	7.89	3.16	0.00	6.01	6.39

4 结论

通过对喀斯特典型县域——都安县 28 年来土地利用结构变化的洛伦茨曲线和基尼系数的分析研究,得出以下结论。

(1) 都安县各类型土地利用中,疏林地、有林地、草地和沟谷耕地在各乡镇分布不均衡,其中疏林地和有林地在各乡镇分布的不均衡性尤为突出;灌丛地、建设用地、裸岩地和坡耕地在各乡镇分布的面积比例大致相等,其中坡耕地在各乡镇分布最均衡,其次是裸岩地。这种分布情况反映了疏林地、有林地、草地和沟谷耕地是决定都安喀斯特土地利用结构空间差异的主要土地利用类型。

(2) 28 年来,坡耕地、裸岩地、建设用地和有林地朝着均匀的方向分布;灌丛地、草地和沟谷耕地面积不断减少,朝着相对集中的方向分布。这种演变特征与人口增长、陡坡毁林(灌木林)毁草、过度开垦、建设占用以及国家退耕还林政策和严厉的耕地保护制度有关;同时,也反映了都安喀斯特石漠化呈扩展趋势。

(3) 与以往的研究方法相比,该研究运用洛伦茨曲线和基尼系数简明地揭示了都安喀斯特土地利用结构的空间差异性和演变规律,解释合理正确,可为喀斯特县域合理利用

土地、石漠化综合防治和生态修复提供参考。

参考文献

- [1] 郭焕成. 土地利用调查与制图方法的初步研究[J]. 地理学报, 1984, 39(3): 259-267.
- [2] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999.
- [3] 陈军伟, 孔祥斌, 张凤荣, 等. 基于空间洛伦茨曲线的北京山区土地利用结构变化[J]. 中国农业大学学报, 2006, 11(4): 71-74.
- [4] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述——从信息熵到分数维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146-152.
- [5] 邓悦, 王铮, 熊云波, 等. 上海市城市空间结构演变预测[J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2002(2): 67-72.
- [6] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析[J]. 地理学报, 2000, 55(2): 51-60.
- [7] 刘彦随. 土地利用优化配置中系列模型的应用——以乐清市为例[J]. 地理科学进展, 1999, 18(3): 26-31.
- [8] 徐梦洁, 黄劲松, 朱启群, 等. 县域土地利用变化分析[J]. 农业系统科学域综合研究, 2001, 17(2): 84-87.
- [9] 黄裕锋, 徐昌明, 黄裕婕. 洛伦茨曲线在江西省土地利用分析中的应用[J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2003, 27(2): 177-180.
- [10] 王夏琰, 刘学录. 甘肃省土地利用结构变化及其驱动力分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2007, 42(4): 97-102.
- [11] 汪雪格, 汤洁, 李昭阳. 基于洛伦茨曲线的吉林西部土地利用结构变化分析[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(3): 310-313.
- [12] 周方. 关于基尼系数[J]. 数量经济技术研究, 1993(6): 45-51.
- [13] 施卫国. 一种简易的基尼系数的计算方法[J]. 江苏统计, 1997(2): 16-18.