

于雪丽,郭欢欢,李 灿,等. 基于信息熵的重庆市土地利用结构时空演变及其驱动因素分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(17):261-265.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.17.064

# 基于信息熵的重庆市土地利用结构时空演变及其驱动因素分析

于雪丽<sup>1,2,3,4</sup>, 郭欢欢<sup>1,2,3</sup>, 李 灿<sup>1,2,3,4</sup>, 梁启学<sup>1,2,3</sup>

(1. 重庆市国土资源和房屋勘测规划院, 重庆 401121; 2. 重庆市土地利用与遥感监测工程技术研究中心, 重庆 401121;  
3. 国土资源部土地利用重点实验室重庆研究中心, 重庆 401121; 4. 重庆欣荣土地房屋勘测技术研究所, 重庆 401121)

**摘要:**在对重庆市 2009—2016 年土地利用变更调查数据进行分析的基础上,采用熵值函数模型分析重庆市土地利用结构动态变化,应用灰色关联分析方法分析引起重庆市土地利用结构信息熵变化的驱动因素。结果表明,(1) 2009—2016 年重庆市土地利用结构信息熵总体上处于不断调整优化过程中,呈 3 个发展阶段:稳步增长阶段(2009—2013 年)、快速增长阶段(2013—2014 年)、持续降低阶段(2014—2016 年);(2) 重庆市 38 个区(县、市)土地利用结构信息熵值的空间分布呈以主城区和万州区、忠县为信息熵高值为中心向外围递减的规律;(3) 土地利用结构信息熵变化与第二产业产值比重、总人口、城镇化率 3 个经济社会发展因素表现出强关联关系,与公路线路里程、第三产业产值比重、第一产业产值比重、人均 GDP、社会消费品零售总额、全社会固定资产投资总额呈中等关联关系。

**关键词:**土地利用结构;信息熵;时空演变;灰色关联;重庆市;驱动因素;熵值函数模型

**中图分类号:** F301.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)17-0261-05

信息熵的概念是由信息论的创始人美国数学家申农于 1948 年提出,随后被众多学者推广应用到诸多领域<sup>[1]</sup>。“熵”作为一个热力学概念,在信息论中信息熵是信息无序度的度量,根据耗散结构理论,通过引入负熵流来抵消内部熵增的方法,从而确定系统的演变方向<sup>[2]</sup>。土地资源系统作为一个典型的耗散结构系统,它是一定区域经济、社会、环境相互作用的复合生态系统。土地利用结构是在一定区域内在非人为干扰因素和人为干扰因素的影响下,产生结构的演替和变化,它的自发性和不可逆性特征与耗散结构系统的预定假设相符<sup>[3]</sup>。因此,很多学者在对土地利用结构时空变化、土地利用结构的演化以及土地利用结构与效益变化的耦合效应等方面的研究更多地采用信息熵模型作为一种重要的研究方法<sup>[4-8]</sup>。土地利用结构信息熵可综合反映某区域在一定时段内各种土地利用类型的动态变化及其转换程度<sup>[2]</sup>。齐梅等对重庆市 1997—2006 年土地利用结构变化及其驱动力机制进行了研究<sup>[9]</sup>,但没有从空间演变角度进行研究分析,重庆市自 2010 年被国家层面确定为国家中心城市以来,经济社会进入了新的迅猛发展时期,本研究根据 2017 年 11 月发布的最新土地利用现状分类标准,通过分析重庆市在 2009—2016 年新时期新的经济社会发展背景下土地利用结构信息熵在时间维度和空间维度上的演变趋势,并探讨影响重庆市土地利用结构信息熵变化的驱动因素,以期重庆市未来土地利用结构调整、土地利用规划提供科学的决策依据,促进土地资源

健康可持续发展。

## 1 研究区概况与数据来源

### 1.1 研究区概况

重庆市地处我国西南部,长江上游地区,位于 105°11′~110°11′E、28°10′~32°13′N 之间,地貌以丘陵、山地为主,其中山地占 76%,有“山城”之称。渝东、渝东南临湖北省、湖南省,渝南接贵州省,渝西、渝北连四川省,渝东北与陕西省和湖北省相连。气候属亚热带季风性湿润气候,年平均气温在 16~18℃,常年降水量为 1 000~1 450 mm。幅员面积为 8.24 万 km<sup>2</sup>,辖 38 个区县(自治县)。2016 年末全市常住人口 3 048.43 万人,城镇化率为 62.6%。全市土地利用以农用地为主,占土地总面积的比重为 86.24%,建设用地和未利用地占土地总面积的比重分别为 7.73%、6.03%。

### 1.2 数据来源

土地利用结构变化数据来自于重庆市 2009—2016 年土地利用现状变更调查资料,经济社会发展数据来自于重庆市 2009—2016 年统计年鉴。土地类型划分根据中华人民共和国国土资源部印发的 GBT 21010—2017《土地利用现状分类》,并结合《中华人民共和国土地管理法》的“三大类”来划分,将土地类型划分为耕地、园地、林地、牧草地、其他农用地、居民点及城镇工矿用地、风景名胜设施及特殊用地、交通运输用地、水域及水利设施用地、其他土地等 10 个二级地类,将土地利用现状分类中的二级地类商服用地、工矿仓储用地、住宅用地、公共管理与公共服务用地合并称为居民点及城镇工矿用地,结合《中华人民共和国土地管理法》“三大类”中农用地的类型将三级地类农村道路、水库水面、坑塘水面、沟渠、设施农用地、田坎提取出来合并称为其他农用地。经济社会发展指标采用总人口、城镇化率、人均国内生产总值(GDP)、第一

收稿日期:2018-04-19

基金项目:中国博士后基金(编号:2015M582526)。

作者简介:于雪丽(1988—),女,河南商丘人,硕士研究生,工程师,主要从事土地资源管理与土地利用规划方面研究。E-mail: 2394596827@qq.com。

产业产值比重、第二产业产值比重、第三产业产值比重、社会消费品零售总额、全社会固定资产投资总额、全社会公路里程 9 个指标。

2 研究方法

假设一个区域土地总面积为  $A$ , 土地利用类型分为  $N$  种, 每种土地利用类型的面积为  $A_i (i=1, 2, \dots, N)$ , 则有

$$\sum_{i=1}^N A_i = A. \tag{1}$$

各种类型土地面积的百分比为

$$P_i = A_i / A = A_i / \sum_{i=1}^N A_i. \tag{2}$$

式中:  $P_i$  是第  $i$  种土地利用类型占所在区域土地总面积的比例。依照 C E Shannon 的熵公式可以得出土地利用结构信息熵公式:

$$H = - \sum_{i=1}^N (P_i \ln P_i). \tag{3}$$

理论上当各种土地利用结构类型的面积相等时, 土地利用结构信息熵达到最大值, 有

$$P_1 = P_2 = \dots = P_N = 1/N. \tag{4}$$

因此, 信息熵值愈大, 土地利用类型越多, 各类型之间的差值越小, 土地利用越均衡, 土地利用系统的有序度也越低。为解决不同土地利用类型下, 信息熵值的可比性问题, 基于信息熵函数引入土地利用结构的均衡度 ( $J$ ) 公式:

$$J = H/H_{\max} = - \sum_{i=1}^N (P_i \ln P_i) / \ln N. \tag{5}$$

式中: 均衡度是信息熵与最大熵之间的比值, 其取值范围为  $(0, 1]$ , 当  $J=0$  时, 土地利用结构处于最不平衡状态; 而当  $J=1$  时, 土地利用结构达到理想的平衡状态。同理引入优势度的概念, 公式如下:

$$I = 1 - E. \tag{6}$$

优势度  $I$  反映区域内一种或几种土地利用类型支配该区域土地利用结构的程度, 与均衡度的意义相反。

3 重庆市土地利用结构时空变化分析

3.1 土地利用结构信息熵和均衡度的时间变化

根据重庆市 2009—2016 年土地利用现状变更数据, 采用信息熵的计算公式来进行相应的数据处理, 得出重庆市 2009—2016 年的土地利用结构信息熵及其均衡度、优势度, 结果详见表 1。

表 1 重庆市 2009—2016 年土地利用结构信息熵和均衡度

土地利用结构 (%)	年份							
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
耕地	29.60	29.66	29.72	29.76	29.82	29.81	29.51	28.94
园地	3.37	3.35	3.33	3.31	3.30	3.28	3.29	3.29
林地	46.03	45.99	45.96	45.94	45.92	45.90	46.22	46.80
牧草地	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
其他农用地	7.58	7.43	7.28	7.18	7.06	6.99	6.83	6.65
居民点及城镇工矿用地	6.10	6.26	6.38	6.47	6.53	6.62	6.73	6.87
风景名胜设施及特殊用地	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
交通运输用地	0.54	0.58	0.62	0.65	0.68	0.72	0.74	0.77
水域及水利设施用地	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25	2.24	2.25	2.24
其他土地	3.92	3.89	3.85	3.83	3.83	3.82	3.82	3.81
$H(\text{Nat})$	1.471 3	1.472 3	1.473 0	1.473 5	1.473 6	1.475 0	1.474 1	1.471 7
$J$	0.639 0	0.639 4	0.639 7	0.639 9	0.640 0	0.640 6	0.640 2	0.639 2
$I$	0.361 0	0.360 6	0.360 3	0.360 1	0.360 0	0.359 4	0.359 8	0.360 8

在 2009—2016 年期间, 重庆市土地利用结构不断发生调整, 居民点及城镇工矿用地、风景名胜设施及特殊用地、交通运输用地的比例有所提高, 2009—2016 年居民点及城镇工矿用地增长率为 1.70%, 交通运输用地增长率为 5.31%; 耕地、园地、牧草地、其他农用地、水域及水利设施用地、其他土地的比例有所下降, 表明近年来重庆市经济社会发展带来的各方面的建设导致建设用地不断扩张, 相应带来农用地等非建设用地减少。同时, 随着对生态环境保护的重视程度不断提高, 林地保护及退耕还林等举措导致林地面积及比例也不断增加, 2009—2016 年林地占全市土地总面积的比重增长率为 0.24%。

由图 1、图 2 可知, 在 2009—2016 年期间, 重庆市土地利用结构信息熵和均衡度呈“稳步增长—快速增长—持续降低”的发展态势。重庆市土地利用结构变化趋势大体经历了 3 个发展阶段: 第 1 个阶段是 2009—2013 年, 土地利用结构

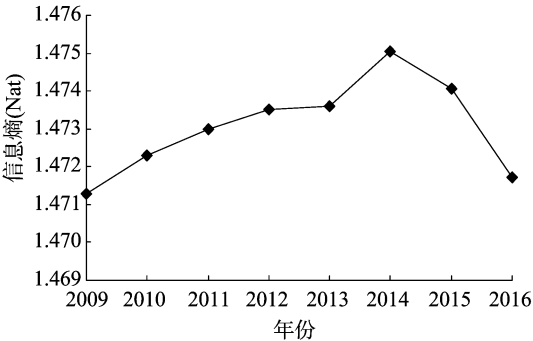


图 1 重庆市 2009—2016 年土地利用结构信息熵变化趋势

信息熵和均衡度稳步增长, 信息熵由 2009 年的 1.471 3 Nat 增长到 2013 年的 1.473 6 Nat, 均衡度由 2009 年的 0.639 0 增长到 2013 年的 0.640 0, 但土地利用结构的变化幅度不大, 土地利用结构信息熵和均衡度的年均增长率为 0.039 8%, 基

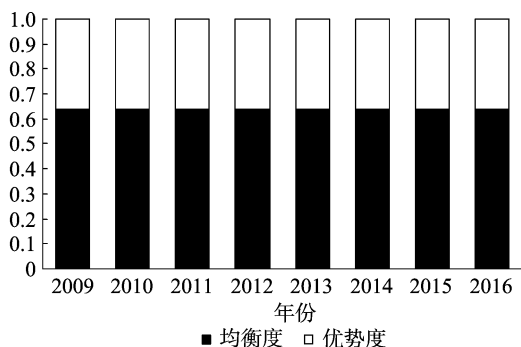


图2 重庆市 2009—2016 年土地利用结构均衡度和优势度

本趋于稳定上升的态势。这一阶段重庆市土地利用结构不断发生变化,各类用地比例逐步趋于平衡。第 2 个阶段是 2013—2014 年,土地利用结构信息熵和均衡度增速加快,信息熵由 1.473 6 Nat 增长到 1.475 0 Nat,增长率高达 0.097 1%。说明 2014 年重庆市土地利用结构调整步伐加快,各类用地比例变化较以往更为明显,这一阶段居民点及城镇工矿用地、交通运输用地增长较为明显,其他农用地明显减少。2014 年土地利用结构信息熵和均衡度达到最高点,而优势度相反,2014 年是 2009 年以来的最低值,说明当时重庆市土地利用结构变化最大,而各类用地比例差别也最小,土地利用结构紊乱无序。第 3 个阶段是 2014—2016 年,土地利用结构信息熵和均衡度不断降低,信息熵与均衡度的变化幅度较大,信息熵由 2014 年的 1.475 0 Nat 下降到 2016 年的 1.471 7 Nat,年下降率为 0.113 2%,土地利用结构处于快速

调整时期,土地利用系统逐步向合理有序的方向发展,这一时期耕地面积减少与林地面积增加较为明显,这与 2014 年以来重庆市实施新一轮退耕还林工作成效显著有密不可分的关系。

### 3.2 土地利用结构信息熵的空间分布分析

选取重庆市 2009、2016 年各区(县、市)土地利用数据,计算信息熵、均衡度、优势度。由表 2 可知,从 2009—2016 年期间,重庆市 38 个区(县、市)中除渝中区由于已发展成熟、土地已开发完毕,土地利用结构未发生变化之外,其他区(县、市)土地利用结构信息熵均发生了变化;其中江北区、大渡口区、南岸区、沙坪坝区、九龙坡区土地利用结构信息熵有较为明显降低,主要是由于近年来重庆市主城区经济社会的经济发展质量提高,经济社会发展方式转变,经济增长对建设用地的增长的依赖程度降低,土地利用有序度提高造成的;巫山县、黔江区、武隆区、秀山县、云阳县、奉节县、城口县、垫江县、梁平区、万州区、丰都县、石柱县等信息熵有所降低,以上区(县、市)主要位于重庆市渝东北地区 and 渝东南地区,近年来在经济发展、社会事业、生态保护等各方面稳步推进,林地面积不断扩大,土地利用均衡度降低,有序度提高;涪陵区、长寿区、江津区、璧山区、合川区、永川区、南川区、潼南区、铜梁区、荣昌区等紧邻重庆市主城区,近年来凭借良好的区位交通条件经济社会发展速度较快,土地利用结构加快调整,建设用地比重不断增加,农用地及其他土地等比重降低,与 2009 年相比土地利用结构信息熵提高,土地利用有序度降低。

表 2 重庆市各区(县、市)2009 年和 2016 年土地利用结构信息熵空间分布情况

				Nat			
行政区名称	2009 年	2016 年	变化量	行政区名称	2009 年	2016 年	变化量
渝中区	0.536 7	0.536 7	0.000 0	荣昌区	1.353 5	1.370 1	0.016 6
大渡口区	1.750 5	1.643 9	-0.106 6	璧山区	1.466 6	1.490 5	0.024 0
江北区	1.774 2	1.634 9	-0.139 3	万州区	1.611 9	1.611 7	-0.000 2
沙坪坝区	1.626 4	1.599 8	-0.026 7	梁平区	1.358 2	1.355 0	-0.003 2
九龙坡区	1.745 6	1.720 1	-0.025 5	城口县	0.941 7	0.927 3	-0.014 5
南岸区	1.758 9	1.669 6	-0.089 3	丰都县	1.387 3	1.384 0	-0.003 3
北碚区	1.631 7	1.664 7	0.032 9	垫江县	1.318 8	1.313 0	-0.005 8
渝北区	1.678 6	1.708 3	0.029 7	忠县	1.586 4	1.581 7	-0.004 7
巴南区	1.604 7	1.615 1	0.010 4	开州区	1.468 2	1.464 3	-0.003 8
涪陵区	1.430 9	1.440 9	0.010 0	云阳县	1.445 0	1.435 0	-0.010 0
长寿区	1.662 2	1.682 8	0.020 5	奉节县	1.278 4	1.267 7	-0.010 7
江津区	1.623 9	1.636 0	0.012 1	巫山县	1.289 4	1.256 0	-0.033 4
合川区	1.513 9	1.532 5	0.018 6	巫溪县	0.888 2	0.871 9	-0.016 3
永川区	1.581 2	1.599 1	0.017 9	黔江区	1.238 7	1.214 2	-0.024 5
南川区	1.263 9	1.265 2	0.001 3	武隆区	1.068 4	1.046 1	-0.022 3
綦江区	1.394 4	1.390 8	-0.003 6	石柱县	1.263 5	1.259 5	-0.004 0
潼南区	1.277 3	1.315 6	0.038 3	秀山县	1.271 0	1.244 1	-0.027 0
铜梁区	1.451 2	1.466 5	0.015 3	酉阳县	1.145 2	1.150 8	0.005 7
大足区	1.364 1	1.415 6	0.051 6	彭水县	1.137 6	1.126 4	-0.011 1

在 ArcGIS 10.0 软件的支持下,根据表 2 数据采用自然间断法将信息熵的区域差异分为 4 个档次:低值区、中低值区、中高值区、高值区,重庆市 38 个区(县、市)2009、2016 年信息熵的空间分布如图 3 所示。可以看出,2016、2009 年重庆市各区(县、市)土地利用结构信息熵值分布趋势基本一致,重庆市 38 个区(县、市)土地利用结构信息熵值的分布基

本上呈以主城区和万州区、忠县为信息熵高值中心向外围递减的规律。2016 年重庆市信息熵高值区包括九龙坡区、渝北区、南岸等 13 个区(县、市),信息熵中高值区包括合川区、璧山区、大足区等 11 个区(县、市),信息熵中低值区包括潼南区、垫江县、奉节县、南川区等 11 个区(县、市),信息熵低值区包括城口县、巫溪县、渝中区 3 个区(县、市)。

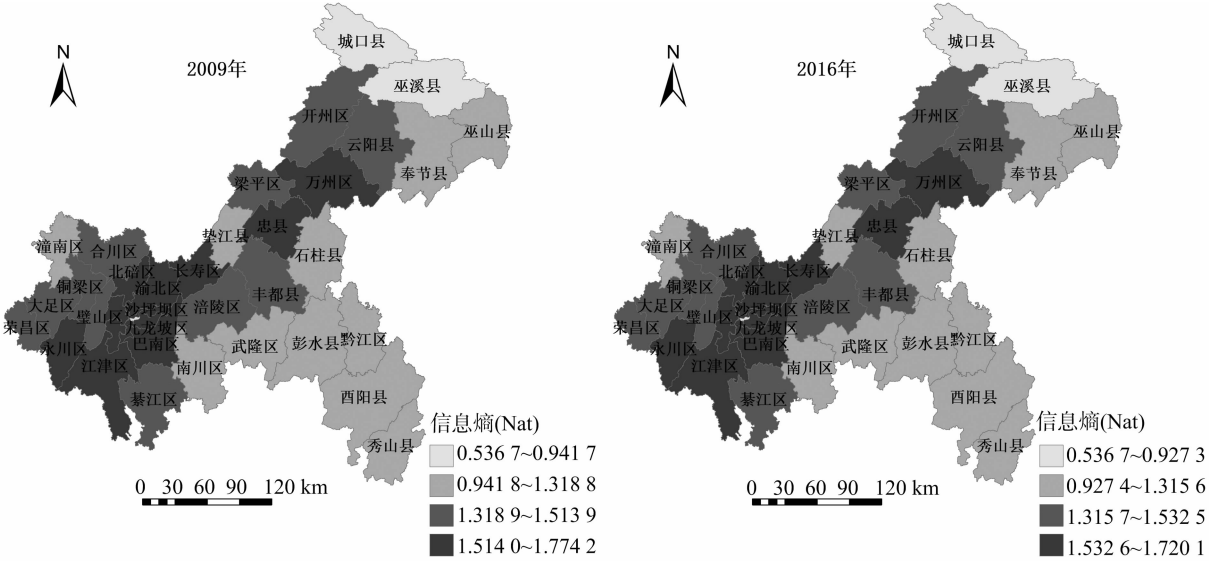


图3 重庆市各区(县、市)2009、2016 年土地利用结构信息熵空间分布

信息熵值的高低与区(县、市)土地总面积、土地利用类型数量分布状态、经济社会发展等因素密切相关。区域土地面积越小,某种地类的变化所引起的土地利用结构的变化幅度越大,2016 年重庆市信息熵高值区 13 个区(县、市)土地总面积占全市总面积的 18.35%,平均每个区(县、市)土地面积约为 133 084  $\text{hm}^2$ ,远低于全市平均每个区(县、市)土地面积的 216 774  $\text{hm}^2$ 。忠县由于土地利用内部结构相对于其他区(县、市)来说较为均衡,因此,其信息熵值也较高。信息熵值的高低区域分布受区域经济社会发展基础、政策、区位、交通等因素影响较大,经济社会发展越快,人类活动强烈,对土地系统的改变越大,使土地利用无序度增加,信息熵值就越高,2016 年信息熵高值区地均 GDP 为 51.34 万元/ $\text{hm}^2$ ,约为全市地均 GDP 的 2.57 倍。

4 重庆市土地利用结构变化驱动因素分析

土地利用结构的不断变化导致土地利用结构熵值发生变化,影响土地利用结构的主要因素分为人为干扰因素和非人为干扰因素。在这里非人为干扰因素在短时间内难以显现,因此,本研究仅分析人为干扰因素对土地利用结构的影响,而人为干扰因素主要表现在经济社会发展方面。土地利用结构与经济社会发展相互产生作用,经济社会发展以土地利用结构为基础,经济社会的发展引起经济社会结构发生变化,反过来会对土地利用结构产生影响<sup>[10]</sup>。

根据所获得的重庆市统计资料,在前人研究<sup>[11]</sup>的基础上,经对比分析,选取 9 个经济社会发展指标通过灰色关联模型来进行相关性分析,它们分别为总人口( $x_1$ )、城镇化率( $x_2$ )、人均 GDP( $x_3$ )、第一产业产值比重( $x_4$ )、第二产业产值比重( $x_5$ )、第三产业产值比重( $x_6$ )、社会消费品零售总额( $x_7$ )、全社会固定资产投资总额( $x_8$ )、公路线路里程( $x_9$ )。

4.1 灰色关联分析理论模型

作为灰色系统理论与方法的主要内容,灰色关联分析实质上是一种几何分析方法,关联度就是 2 条曲线或 2 个函数变化相似程度的指标,关联度越高,表明 2 条曲线的几何形状越相似。通过比较子因素与母因素间关联度的大小,可科学

判断引起系统发展的主要因素与次要因素,该模型的基本思路如下:

设序列  $X_i = [x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)]$ ,  $X_j = [x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)]$  的始点零化像分别为

$$X_i^0 = [x_i^0(1), x_i^0(2), \dots, x_i^0(n)], X_j^0 = [x_j^0(1), x_j^0(2), \dots, x_j^0(n)] \quad (7)$$

式中:  $x_i^0(1) = x_i(k) - x_i(1)$ ,  $x_j^0(1) = x_j(k) - x_j(1)$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$ , 据此构造灰色相对关联度模型:

$$\gamma_{ij} = \frac{1 + |s'_i| + |s'_j|}{1 + |s'_i| + |s'_j| + |s'_i - s'_j|} \quad (8)$$

式中:  $s_i = \int_1^n [(X_i - x_i(1))] dt$ ,  $s_j = \int_1^n [X_j - x_j(1)] dt$ ,  $s_i - s_j = \int_1^n (X_i^0 - X_j^0) dt$ 。

式中:  $\gamma_{ij}$  表示灰色相对关联度,是以灰色绝对关联分析模型为基础,基于初值化变换构造的灰色相对关联分析模型,主要用于分析序列相对于起始点的变化速率之间的关系。

灰色关联度按照强度等级一般分为 3 个层次,  $0.7 < \gamma_{ij} \leq 1$  为强关联,  $0.35 < \gamma_{ij} \leq 0.7$  为中等关联,  $0 < \gamma_{ij} \leq 0.35$  为弱关联<sup>[12]</sup>。

4.2 灰色关联分析结果

根据灰色关联度模型<sup>[13]</sup>,计算重庆市土地利用结构信息熵与经济社会发展相关因素的关联度,结果见表 3。

表 3 土地利用结构信息熵与经济社会发展的关联度			
指标	关联度	排序	强度等级
$H$ 与 $x_1$	0.719 9	2	强关联
$H$ 与 $x_2$	0.700 7	3	强关联
$H$ 与 $x_3$	0.543 0	7	中等关联
$H$ 与 $x_4$	0.641 1	6	中等关联
$H$ 与 $x_5$	0.735 5	1	强关联
$H$ 与 $x_6$	0.657 2	5	中等关联
$H$ 与 $x_7$	0.537 8	8	中等关联
$H$ 与 $x_8$	0.533 2	9	中等关联
$H$ 与 $x_9$	0.685 0	4	中等关联

由表 3 可看出,2009—2016 年重庆市土地利用结构信息熵与经济社会发展的关联度排序为  $x_5 > x_1 > x_2 > x_9 > x_6 > x_4 > x_3 > x_7 > x_8$ 。其中,关联性最强的是第二产业产值比重指标,最弱的是全社会固定资产投资总额指标。从关联强度方面来看,土地利用结构信息熵与第二产业产值比重、总人口、城镇化率呈现强关联,与公路线路里程、第三产业产值比重、第一产业产值比重、人均 GDP、社会消费品零售总额、全社会固定资产投资总额呈中等关联,其中与公路线路里程指标关联度为 0.685 0,接近强关联。综上所述,本研究所选取的 9 个经济社会指标均对重庆市土地利用结构信息熵变化有较大影响,第二产业产值比重、总人口、城镇化率、公路线路里程等在土地利用结构中所占比重变化与土地利用结构信息熵的变化关系最为密切,其他指标对重庆市土地利用结构的影响次之。

出现上述情况的原因是重庆市工业化、城市化、农业现代化的快速推进及交通基础设施的不断完善,使得第二、第三产业迅速发展,吸纳外来人口增多,人口城镇化进程加快,从而导致建设用地需求不断增加,相反农用地、未利用地由于被建设用地占用而不断减少,土地利用结构在上述经济社会因素的影响下不断发生变化。

另外,重庆市人均 GDP、社会消费品零售总额、全社会固定资产投资总额在 2009—2016 年呈持续增长态势,但其增长在更大程度上反映的是经济发展质量、人民生活水平等效率方面,对土地的直接影响相对较小,因此与重庆市土地利用结构信息熵的关联度相对较弱。

整体而言,2009—2016 年重庆市土地利用结构变化与经济发展、城镇化、交通改善、社会投入、社会消费等因素存在密切关联,经济社会的发展通过对土地的需求导致土地利用结构的变化,若对经济社会发展加以政策因素合理引导可促使土地利用结构向科学合理的方向调整,科学优化的土地利用结构反过来进一步促进经济社会可持续发展,同理对土地利用结构加以政策调控可在一定程度上达到调控经济社会发展的目的。

## 5 结论与讨论

通过对重庆市 2009—2016 年土地利用结构信息熵变化趋势及其影响因素进行分析,得出以下结论:(1)2009—2016 年重庆市土地利用结构信息熵和均衡度呈现出“稳步增长—快速增长—持续降低”3 个发展阶段。第 1 个阶段是稳步增长阶段(2009—2013 年),土地利用结构的变化幅度不大,信息熵和均衡度的年均增长率为 0.039 8%。第 2 个阶段是快速增长阶段(2013—2014 年),土地利用结构信息熵和均衡度增速加快,信息熵增长率高达 0.097 1%,土地利用结构紊乱无序。第 3 个阶段是持续降低阶段(2014—2016 年),信息熵与均衡度的变化幅度较大,土地利用结构处于快速调整时期,土地利用系统逐步向合理有序的方向发展。(2)2009、2016

年重庆市 38 个区(县、市)土地利用结构信息熵值分布趋势基本一致。信息熵的区域差异分为低值区、中低值区、中高值区、高值区等 4 个档次,土地利用结构信息熵值的分布呈以主城区和万州区、忠县为信息熵高值中心向外围递减的规律,主要是受各区(县、市)面积大小和经济社会发展因素影响。(3)重庆市 2009—2016 年土地利用结构信息熵与第二产业产值比重、总人口、城镇化率呈现强关联,与公路线路里程、第三产业产值比重、第一产业产值比重、人均 GDP、社会消费品零售总额、全社会固定资产投资总额呈中等关联,经济社会发展是引起土地利用结构变化的主要内在驱动因素。(4)土地利用结构的变化受人为因素影响较大,其中人为因素主要包括经济社会因素、政策因素等方面,加强区域土地利用结构变化与经济社会发展关系的研究,有助于了解土地利用的动态趋向。本研究仅仅就土地利用结构变化与经济社会发展方面的相关性进行了研究,而对政策性因素等方面的研究欠缺,今后应该加强政策制定的科学性研究,基于土地利用的动态趋向,引导土地利用结构朝合理化方向发展,从而反过来进一步促进区域经济和土地利用的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] 吴国盛. 科学的历程[M]. 北京:北京大学出版社,2002:569.
- [2] 耿红,唐旭,马玲. 基于信息熵的城市土地利用结构合理性分析[J]. 国土资源科技管理,2006,23(1):84-87.
- [3] 谭洁,朱红梅,金卫华. 长沙市土地利用结构熵值时序分析[J]. 经济地理,2010,30(1):118-121.
- [4] 董杰,杨春德,周秀慧,等. 山东省土地利用结构时空变化及其驱动机制分析[J]. 水土保持研究,2006,13(4):206-210.
- [5] 李文波,杨钢桥. 基于信息熵的城市土地利用结构演变分析——以武汉市为例[J]. 国土资源科技管理,2007,24(4):96-100.
- [6] 孔雪松,刘艳芳,谭传凤. 嘉鱼县土地利用结构与效益变化的耦合效应分析[J]. 资源科学,2009,31(7):1095-1101.
- [7] 赵晶,徐建华,梅安新,等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析[J]. 地理研究,2004,23(2):137-146.
- [8] 何祖慰,杨忠,罗辑. 西藏昌都地区土地利用结构熵值时序分析[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(2):192-195.
- [9] 齐梅,林秀梅,王燕. 重庆市土地利用结构信息熵时序变化及驱动力研究[J]. 国土资源科技管理,2009,26(3):64-68.
- [10] 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.
- [11] 陈荣蓉,宋光煜,信桂新,等. 土地利用结构信息熵特征与经济社会发展关联分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2008,30(7):141-142.
- [12] 范建刚,谢斌. 西北五省区粮食生产灰色关联比较分析[J]. 干旱区资源与环境,2007,21(8):121-125.
- [13] 刘亚男,李淑杰,孙博,等. 扶余市生态服务价值对土地利用变化的响应[J]. 江苏农业学报,2017,33(3):592-597.