

付伟,周宝同,田雨. 重庆市荣昌区土地利用变化与驱动力研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(6):214-222.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.06.043

重庆市荣昌区土地利用变化与驱动力研究

付伟¹,周宝同^{1,2},田雨¹

(1. 西南大学地理科学学院,重庆 400715; 2. 重庆市盛地土地经济研究院,重庆 400000)

摘要: 为了解重庆市荣昌撤县设区后的土地利用现状和存在问题,协调城市发展与生态保护之间的关系,基于 2000 年、2003 年、2006 年、2009 年、2012 年及 2015 年的 6 期遥感影像,借助遥感(RS)技术和地理信息系统(GIS)技术,分析荣昌区 2000—2015 年土地利用变化特征,并采用灰色关联法和主成分分析法定量分析土地利用变化驱动因素。结果表明,2000—2015 年,荣昌区土地利用特征变化主要表现为耕地、草地、未利用地大致呈现减少趋势,林地、建设用地、水域大致呈现增长趋势,未利用地大部分转变为建设用地;2000—2006 年土地利用变化量为负值,2006—2015 年土地利用变化量为正值,土地利用整体由调整期步入发展期;土地利用破碎程度降低,优势土地类型减少,土地利用景观类型逐渐分布均匀;高关联度指标中城镇化率、公路里程、人均地区生产总值等与第一主成分关联性高,常住人口与第二主成分关联性高,荣昌区土地利用驱动力在研究时段以社会经济、交通运输和生态环境等因素为主。

关键词: 土地利用;土地利用驱动力;荣昌区;重庆;景观指数;灰色关联度

中图分类号: F301.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)06-0214-09

土地利用/覆盖变化(LUCC)是自然环境、时空关系和经济技术等结构和行为对土地利用方式与目的改变的体现^[1],对全球和环境变化有着重要的影响^[2],一直是地理学、生态学等相关科学领域研

究的热点^[3-6]。随着社会的发展,人类正以空前的幅度和规模影响着全球环境,造成全球人口、资源与环境问题的日益突出^[7]。因此,只有科学合理地分区利用土地,才能够保证土地资源的节约与集约利用,从而做到各类土地的高效率利用^[8]。

土地利用变化的驱动力及驱动机制是土地利用变化研究的重要问题^[9]。驱动力研究是土地利用研究的核心问题之一。在这方面,以往主要是单因子分析,目前则更多地综合考虑多因子及其相互

收稿日期:2019-11-27

基金项目:国家社会科学基金重大项目(编号:15ZDC032)。

作者简介:付伟(1994—),男,安徽芜湖人,硕士研究生,主要从事土地利用与土壤环境研究。E-mail:1044780282@qq.com。

通信作者:周宝同,博士,副教授,硕士生导师,主要研究方向为国土管理和规划。E-mail:zbt1217@aliyun.com。

[16] Yang F, Zhao L, Gao B, et al. The interfacial behavior between biochar and soil minerals and its effect on biochar stability[J]. Environmental Science & Technology, 2016, 50(5): 2264-2271.

[17] 陈再明,陈宝梁,周丹丹. 水稻秸秆生物炭的结构特征及其对有机污染物的吸附性能[J]. 环境科学学报, 2013, 33(1): 9-19.

[18] Ducey T F, Ippolito J A, Cantrell K B, et al. Addition of activated switchgrass biochar to an aridic subsoil increases microbial nitrogen cycling gene abundances[J]. Applied Soil Ecology, 2013, 65(2): 65-72.

[19] Peters A. Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range[J]. Water Resources Research, 2013, 49(10): 6765-6780.

[20] Chen B L, Zhou D D, Zhu L Z. Transitional adsorption and partition of nonpolar and polar aromatic contaminants by biochars of pine needles with different pyrolytic temperatures[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(14): 5137-5143.

[21] Chen B, Chen Z. Sorption of naphthalene and 1-naphthol by

biochars of orange peels with different pyrolytic temperatures[J]. Chemosphere, 2009, 76(1): 127-133.

[22] Zhang J, Chen Q, You C F. Biochar effect on water evaporation and hydraulic conductivity in sandy soil[J]. Pedosphere, 2016, 26(2): 265-272.

[23] 王晓蕾. 土壤不同含碳量情况下水分特征曲线的拟合及修正[J]. 广东水利水电, 2013(7): 23-27.

[24] 董云婷,郭建华,姜新佩,等. 生物炭滤出液对小球藻生长的影响[J]. 科学技术与工程, 2017, 17(28): 307-312.

[25] Asai H, Samson B K, Stephan H M, et al. Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos; 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield[J]. Field Crops Research, 2009, 111(1/2): 81-84.

[26] 文曼. 黄土高原地区生物炭的土壤水动力学效应[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2012.

[27] 刘祥宏. 生物炭在黄土高原典型土壤中的改良作用[D]. 北京:中国科学院大学, 2013.

作用^[10]。近些年,国外学者的做法是通过获取大量的土地利用变化历史与现状数据,采用多种数学统计分析方法,探讨引起土地利用变化的相关主导因子,建立土地利用变化定性的概念模型与数学模型^[11],如系统动力学模型(system dynamics models)、细胞自动机模型(cellular automata)以及混合模型(hybrid/integrated models)^[12],这些模型在一定程度上模拟了 LUCC 可能的原因。然而,这些模型也有一定的缺点,细胞自动机模型可以模拟 LUCC 中生物物理方面的问题,对人类决策的模拟是一个弱点;系统动力学模型能够全面考虑 LUCC 过程中的驱动因素,但缺乏处理空间因素的能力。国内一些学者尝试用 Logistic 回归模型分析土地利用变化驱动力,如谢花林运用 Logistic 回归模型分析了生态功能区内土地利用变化的影响因素及其作用机制^[13]。本研究主要通过分析土地利用 3 个单一因子变化,尝试采用灰色关联度和主成分分析方法,探究重庆市荣昌区土地利用的主要影响因素和驱动力,以期为荣昌区未来的土地资源管理政策和制定合理的土地利用规划提供决策依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

荣昌区位于重庆市与成都市的交汇处,被称为“渝西明珠”,是重庆市的西大门,位于 105°17′~105°44′E,29°15′~29°41′N,处于成渝两大城市的经济辐射范围之内,周围有泸州、内江、自贡、宜宾、永川、江津等多个中等城市。荣昌区境内以平坝、丘陵为主,地势起伏不大,平均海拔为 300~400 m,属于亚热带季风性气候,全区年平均气温达到 17.7℃,年降水量为 1 118 mm,年日照时数为 1 282 h,年太阳辐射总量为 3 497.84 MJ/m²。全区总面积为 1 075.37 km²,占重庆市总面积的 1.31%,辖 15 个镇和 6 个街道。2015 年,荣昌区的常住人口为 70.10 万人,城镇化率为 49.26%,国内生产总值(GDP)为 329.87 亿元。

1.2 数据来源与处理

本研究所采用的土地利用数据来源于国家地理空间数据云的 2000 年、2006 年、2009 年 Landsat-5 TM 和 2012 年、2015 年 Landsat-8 OLI 遥感影像,同时搜集了荣昌区 2000—2015 年各种社会经济指标、行政界限、研究期土地利用现状数据等资料。

在 ENVI 5.1 软件的支持下,对荣昌区 6 期遥感影像按行政边界裁剪后,采用几何精校正、大气校正以及图像镶嵌、裁剪和增强的方式得到了 6 期遥感解译图。根据 GB/T 21010—2007《土地利用现状分类》和中国科学院土地利用遥感检测分类系统^[14],采取监督与非监督分类法和目视解译相结合的方法进行分类,将荣昌区的土地利用类型划分为 6 类:林地、耕地、草地、水域、建设用地、未利用地,生成荣昌区 2000—2015 年 6 期土地利用图(图 1 至图 6)。为保证分类结果的准确性,通过 Kappa 系数法对荣昌区 6 期遥感解译分类结果进行精度评价,得到 Kappa 系数依次为 0.826、0.814、0.806、0.833、0.815、0.822,评价结果精度均在 80% 以上,说明可以用于后续研究。

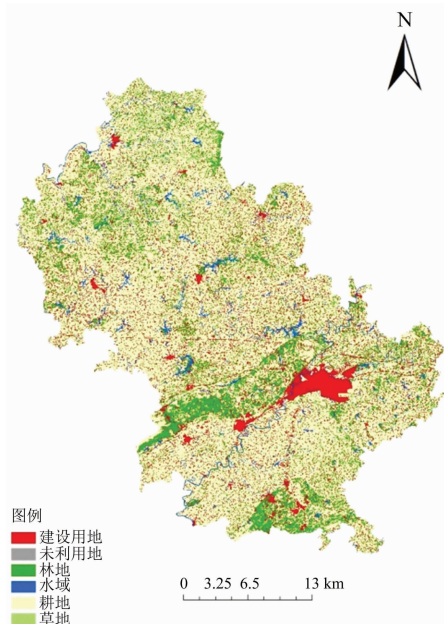


图1 荣昌区 2000 年土地利用类型

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化动态度指数 单一土地利用类型动态度表达的是某一研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况,在本研究中表达为年变化率,其表达式^[15-16]为

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

式中: K 为研究时段内某类土地利用类型的年变化率; U_a 、 U_b 分别为研究期初和研究期末某类土地利用类型的面积; T 为研究年段长度。

1.3.2 土地利用变化程度指数 土地利用程度反映土地利用的广度和深度,反映人类活动和自然环

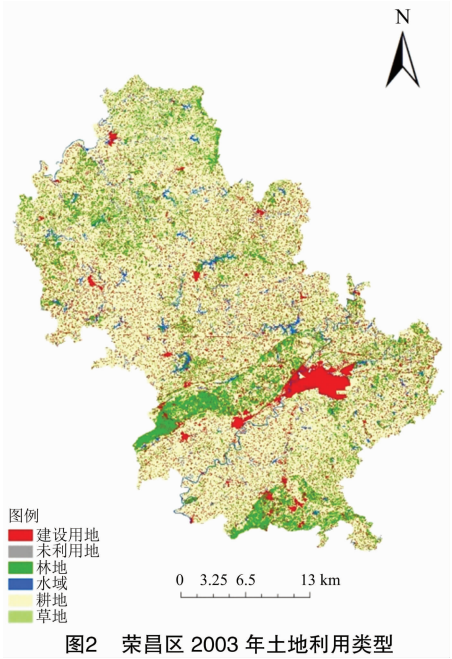


图2 荣昌区 2003 年土地利用类型

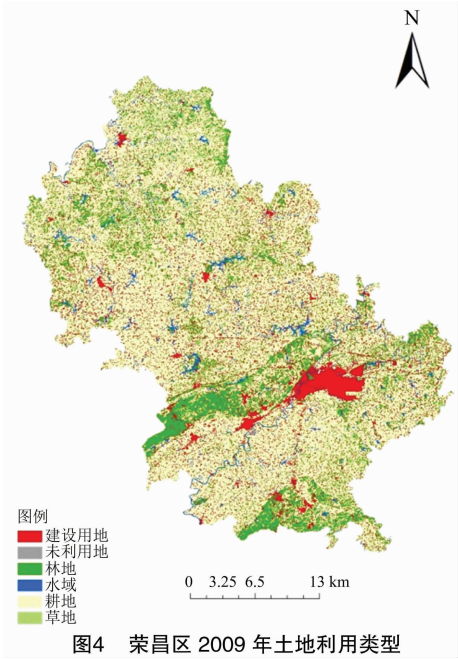


图4 荣昌区 2009 年土地利用类型

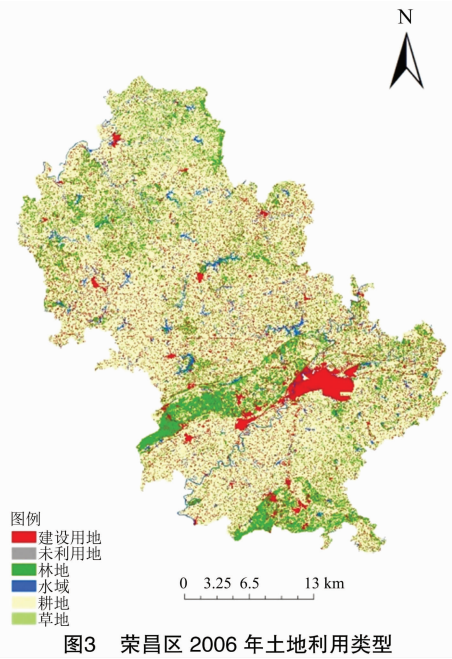


图3 荣昌区 2006 年土地利用类型

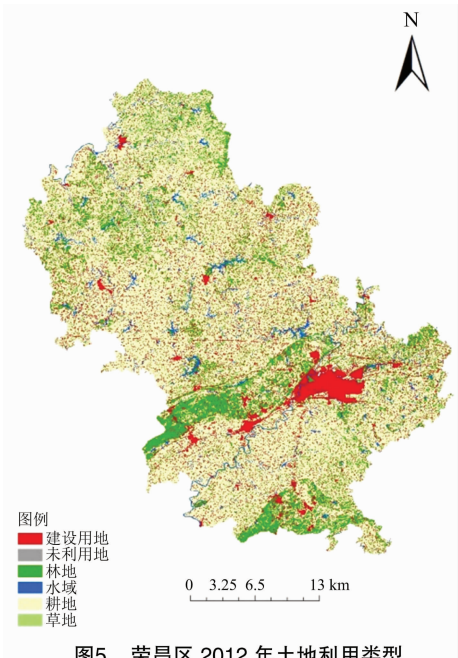


图5 荣昌区 2012 年土地利用类型

境对土地利用的综合作用。土地利用程度变化量可表达为

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia}) \right] \quad (2)$$

式中： L_a 和 L_b 分别为研究初期和研究末期的土地利用程度指数； A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数； C_{ib} 和 C_{ia} 分别为 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度所占区域面积百分比。若 $\Delta L_{b-a} > 0$ ，则表明该地区土地利用处于发展期；若 $\Delta L_{b-a} < 0$ ，则表明该地区土地利用处于调整期或衰退期。

土地利用程度变化率数学公式如下：

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})} \quad (3)$$

式中： R 为土地利用程度变化率，其余各参数定义同土地利用程度变化量数学公式。若 R 为正值，则该地区土地利用处于发展期；若 R 为负值，则说明该地区土地利用处于调整期或衰退期。

1.3.3 土地利用变化景观指数 在景观生态学中，

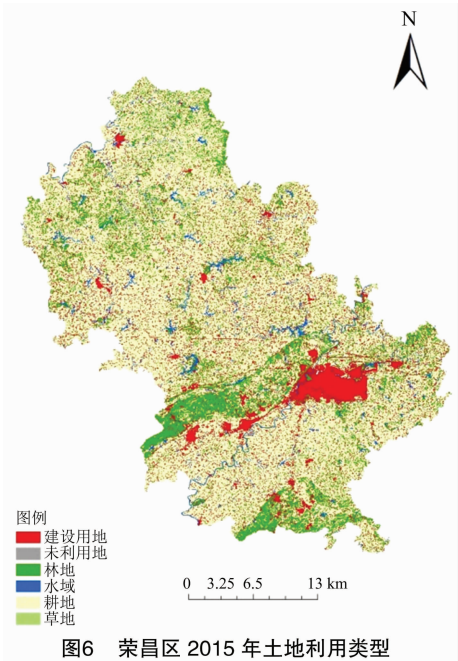


图6 荣昌区 2015 年土地利用类型

景观指数的变化是分析景观要素动态变化的重要指标^[17]。土地利用是由各种不同类型土地利用面积也就是斑块组成,空间特征和时间特征显著。本研究从景观水平上选取最大斑块指数(LPI)、斑块个数(NP)、景观形状指数(LSI)、香农多样性指数(SHDI)、景观均匀度指数(SHEI)等 5 个景观指数来研究荣昌区土地利用变化情况,具体指标见表 1。

1.3.4 灰色关联分析法和主成分分析法 如果系统结构不明确,作用原理难以明确阐述,但对系统的最后结果总能得到一些资料和信息,这种信息部分明确、部分不明确的抽象系统称之为灰色系统^[18]。本研究共选取常住人口、城镇化率、公路里程、地区生产总值、工业总产值、人均地区生产总值、畜牧业总产值、森林覆盖率等 27 个指标来建立荣昌区土地利用驱动力体系,由于指标较多样本较小,在进行灰色关联度分析和主成分分析之前,对

表 1 景观指数

名称	公式	参数含义
最大斑块指数(LPI)	$LPI = \frac{\max(a_1 a_2 \cdots a_n)}{A} \times 100\%$	a_n 为斑块的面积;A 为景观的总面积
斑块个数(NP)	$NP = n$	n 表示斑块总个数
景观形状指数(LSI)	$LSI = \frac{P_i}{\min P_i}$	P_i 表示类型 i 的总边界长; $\min P_i$ 为类型为 i 的景观的最小总边界长
香农多样性指数(SHDI)	$SHDI = \sum_{y=1}^x P_y \ln P_y$	x 为总的物种数; P_y 为物种 y 个体数占总物种数的比例
景观均匀度指数(SHEI)	$SHEI = \sum_{y=1}^x \frac{P_y \ln P_y}{\ln m}$	m 为优势物种数

荣昌区 2000—2015 年土地利用变化程度和这 27 个指标进行常规拟合,然后对这 27 个指标和土地利用综合指数进行灰色关联定量分析。本研究将荣昌区土地利用变化综合指数设为参考序列,即母序列,将 27 个指标设为比较序列,即子序列。根据步骤计算得出 27 个驱动因子变量的灰色关联度,从而得到灰色关联序。

通过灰色关联法分析得到 27 个指标与土地利用变化综合指数的关联度(R),通过观察灰色关联度结果并综合多方面考虑,挑选出 10 个关联度高且典型的驱动指标来进行下一步的主成分分析。

2 结果与分析

2.1 土地利用动态变化

由表 2 可知,在研究期的 15 年间,耕地、草地、未利用地的面积呈现减少趋势,林地、水域、建设用

地面积总体呈增加趋势。由于退耕还林还湖政策的开展,林地面积大幅度增加,变化率达 11.08%,面积增加 11 958.53 hm^2 ,耕地面积减少 14 924.42 hm^2 。受城镇化、社会经济水平提高等因素的影响,建设用地面积变化较明显,增加 4 888.98 hm^2 。草地、水域、未利用地面积较小,其中草地和未利用地面积分别减少 701.24、1 231.90 hm^2 ,水域面积增加 144.35 hm^2 。荣昌区各类型土地面积比例都有所变化,但一直以耕地、林地和建设用地为主,其中耕地在这 3 种类型土地面积中占主导地位,这主要和荣昌区工业化水平较低、以第一产业生产为主等有关。

从表 3 可以看出,2000—2015 年林地的年变化率最高,为 11.48%;建设用地的年变化率为 2.53%;未利用地的减少速度最快,年变化率为 -6.32%;草地的变化速度较未利用地慢,但年变化

表 2 荣昌区 2000—2015 年 6 期土地利用面积及结构变化情况

土地利用类型	2000 年		2003 年		2006 年	
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)
林地	6 942.31	6.46	13 946.07	12.97	14 960.10	13.91
耕地	82 330.18	76.55	76 000.06	70.66	73 850.71	68.67
草地	885.83	0.82	350.03	0.33	269.17	0.25
水域	3 217.63	3.00	3 296.12	3.06	3 961.55	3.68
建设用地	12 862.17	11.96	12 992.58	12.08	13 579.58	12.64
未利用地	12 98.77	1.21	952.03	0.89	915.78	0.85
小计	107 536.89	100.00	107 536.89	100.00	107 536.89	100.00

土地利用类型	2009 年		2012 年		2015 年	
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)
林地	18 366.93	17.04	18 259.19	16.93	18 900.84	17.54
耕地	69 187.31	64.32	68 739.71	63.91	67 405.76	62.63
草地	185.83	0.15	184.59	0.16	184.59	0.15
水域	3 271.77	3.02	3 257.44	3.02	3 361.98	3.12
建设用地	16 583.00	15.40	17 163.15	15.92	17 751.15	16.50
未利用地	76.35	0.07	67.11	0.06	66.87	0.06
小计	107 536.89	100.00	107 536.89	100.00	107 536.89	100.00

表 3 荣昌区各阶段单一土地利用动态度

土地利用类型	土地利用年变化率(%)					
	2000—2003 年	2003—2006 年	2006—2009 年	2009—2012 年	2012—2015 年	2000—2015 年
林地	33.62	2.42	7.59	-0.19	1.17	11.48
耕地	-2.56	-0.94	-2.10	-0.21	-0.06	-1.21
草地	-20.16	-7.70	-10.32	-0.22	0.00	-5.28
水域	0.81	6.72	-5.80	-0.14	1.06	1.30
建设用地	0.33	1.50	7.37	1.16	1.14	2.53
未利用地	-8.89	-1.26	-30.55	-4.03	-0.24	-6.32

率达到 -5.28% ;耕地和水域的变化与其他地类相比不是特别明显,耕地的年变化率为 -1.21% ,水域的年变化率为 1.30% 。林地增加的主要原因除了退耕还林外,还和荣昌区积极实施荒山造林、水系绿化和道路绿化有关。建设用地一直处于增长状态,2006—2009 年变化最快,年变化率为 7.37% ,说明这一阶段是荣昌区社会经济发展较好较快的阶段。未利用地的年变化率在 5 个阶段均为负值,说明未利用地一直在减少,2006—2009 年快速减少,年变化率为 -30.55% ,建设用地在这一阶段增长最快,而未利用地在这一阶段快速减少,说明未利用地大部分转为了建设用地,服务了社会经济的发展。

2.2 土地利用程度变化

由表 4 可知,荣昌区 2000—2015 年 5 个阶段土地利用变化量有正有负,2000—2003 年 ΔL_{b-a} 为 -5.35 ;2003—2006 年 ΔL_{b-a} 为 -0.81 ;2006—2009

年 ΔL_{b-a} 为 1.95 ;2009—2012 年 ΔL_{b-a} 为 0.64 ;2012—2015 年 ΔL_{b-a} 为 0.88 。同样,荣昌区土地利用程度变化率也有正有负,2000—2003 年为 -1.82% ;2003—2006 年为 -0.28% ;2006—2009 年为 0.66% ;2009—2012 年为 0.22% ;2012—2015 年为 0.30% 。荣昌区 2000—2003、2003—2006 年的土地利用程度变化量和土地利用程度变化率的值均为负,说明这 2 个阶段荣昌区处于调整期,人类活动对土地利用的程度较低,对土地来说,土地的负载较小,自然状态较好;后 3 个阶段土地利用程度变化量和土地利用程度变化率均为正值,说明这 3 个阶段荣昌区处于发展期,人类活动对土地的利用程度在提高,土地的产值不断被挖掘,土地的负荷较大。2000—2015 年荣昌区的土地利用程度变化量为 -2.69 ,虽然后 3 个阶段土地利用程度变化量为正值,但数值较小,导致荣昌区这 15 年以 -0.91%

表 4 荣昌区 2000—2015 年土地利用程度变化指数

指标	2000—2003 年	2003—2006 年	2006—2009 年	2009—2012 年	2012—2015 年	2000—2015 年
土地利用程度变化量(ΔL_{b-a})	-5.35	-0.81	1.95	0.64	0.88	-2.69
土地利用程度变化率($R, \%$)	-1.82	-0.28	0.66	0.22	0.30	-0.91

的速度在调整发展,从后 3 个阶段的土地利用程度变化量和土地利用程度变化率来看,荣昌区会慢慢从调整期步入到发展期,这也和荣昌区近些年城镇化水平提高、工业化不断发展、土地得到了充分利用相符合。

2.3 土地利用景观变化

从表 5 可以看出,各景观指数在 2000—2015 年间都发生了变化。斑块个数(NP)逐渐下降,在 2012—2015 年间下降速度最快,说明荣昌区土地利用景观破碎度逐渐降低,土地利用类型分布逐渐集中;最大斑块指数(LPI)逐渐降低并趋向平稳,说明荣昌区内的优势土地利用类型面积在逐渐减少,根据土地利用数量分析可知,耕地是荣昌区内的优势土地利用类型,说明耕地面积在逐渐减少,土地利用类型在逐渐变得丰富;景观形状指数(LSI)在 2012—2015 年间下降速度最快,但最高值和最低值之间差距不大,说明荣昌区的土地利用类型面积变化不大,规则程度较稳定,受人为管控制约较强;香农多样性指数(SHDI)和景观均匀度指数(SHEI)在这 15 年均呈现缓慢上升趋势,说明荣昌区土地利用景观类型在逐渐变得丰富,土地利用景观类型分布逐渐均匀。

2.4 灰色关联和主成分分析

本研究将选取的 27 个指标分别与土地利用程度进行常规拟合,从拟合程度的高低来判断驱动指

表 5 景观指数运算结果

年份	NP(个)	LPI(%)	LSI	SHDI	SHEI
2000	52 481	43.185 4	144.525 4	0.962 0	0.536 9
2003	52 432	43.004 9	144.568 6	0.969 4	0.541 0
2006	52 423	42.375 3	144.670 2	0.972 4	0.542 7
2009	52 366	42.376 0	144.932 1	0.978 5	0.546 1
2012	52 342	42.376 5	145.146 3	0.981 5	0.547 8
2015	52 026	42.435 8	144.333 4	0.987 9	0.551 4

标对土地利用程度的影响,将拟合结果 $r^2 > 0.70$ 的定为高度拟合程度指标,将 $r^2 < 0.30$ 的定为低度拟合程度指标,将 $0.30 \leq r^2 \leq 0.70$ 的指标定为中度拟合程度指标(r^2 的取值为 0~1,越接近 1 说明拟合程度越好)。如表 6 所示,高度拟合指标包括常住人口、城镇化率、公路里程、人均地区生产总值、油料产量、地区生产总值、工业总产值等,这些指标均与土地利用程度指数有密切的相关性,说明在荣昌区撤县设区后,人口及城镇化率因素、社会经济因素、农村发展因素、科技文化因素和生态因素对土地利用程度影响较大;中度拟合指标有猪肉产量、农用化肥施用量、普通中学在校学生数、森林覆盖率、工业固体废物排放量等,说明这几个指标对荣昌区土地利用程度变化的影响一般。低度拟合指标有失业人员登记数、粮食产量、建筑企业数、农作物播种面积等,这些指标对土地利用程度的影响较小。

表 6 荣昌区土地利用程度指数与 27 个指标常规曲线拟合

指标编号	指标	r^2	指标编号	指标	r^2
X_1	常住人口(万人)	0.768 8	X_{15}	人均地区生产总值(万元)	0.905 0
X_2	城镇化率(%)	0.822 0	X_{16}	全社会固定资产投资(万元)	0.854 1
X_3	公路里程(km)	0.770 8	X_{17}	农用化肥施用量(t)	0.325 4
X_4	失业人员登记数(人)	0.112 1	X_{18}	卫生技术人员(人)	0.987 8
X_5	地区生产总值(万元)	0.899 4	X_{19}	金融机构人民币存款余额(亿元)	0.889 4
X_6	粮食产量(t)	0.192 0	X_{20}	公共图书馆藏书(万册)	0.806 6
X_7	油料产量(t)	0.900 4	X_{21}	普通中学在校学生数(人)	0.562 0
X_8	猪肉产量(t)	0.482 3	X_{22}	社会消费品零售总额(万元)	0.903 5
X_9	农林牧渔总产值	0.908 1	X_{23}	森林覆盖率(%)	0.587 7
X_{10}	工业总产值(万元)	0.865 0	X_{24}	工业 SO ₂ 排放量(t)	0.931 2
X_{11}	建筑企业数(个)	0.237 7	X_{25}	农村居民人均生活消费支出(万元)	0.825 8
X_{12}	建筑业总产值(万元)	0.811 5	X_{26}	人均园林绿地面积(hm ²)	0.882 9
X_{13}	农作物播种面积(hm ²)	0.002 3	X_{27}	工业固体废物排放量(t)	0.695 1
X_{14}	畜牧业总产值(万元)	0.901 2			

由土地利用动态度、土地利用程度指数和土地利用景观变化指数构成土地利用变化综合指数,该综合指数对 3 个指标用变异系数法设置权重并通过加权求和法算出,将综合指数设为参考序列即母序

列,将 27 个指标设为比较序列即子序列。根据步骤计算得出 27 个驱动因子变量的灰色关联度,从而得到灰色关联序。27 个驱动指标和土地利用变化综合指数的关联度具体情况见表 7。

表 7 土地利用变化综合指数与驱动力指标的灰色关联度系数

指标	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年	关联度
X_1	1.000 0	0.999 7	0.999 7	0.999 8	0.999 6	0.999 7	0.999 7	0.999 7	0.999 6	0.999 3
X_2	1.000 0	0.997 2	0.994 3	0.991 9	0.989 9	0.988 1	0.986 1	0.984 3	0.982 3	0.983 9
X_3	1.000 0	0.988 5	0.920 3	0.999 4	0.981 8	0.926 6	0.926 6	0.912 0	0.901 9	0.927 0
X_4	1.000 0	0.999 7	0.998 8	0.997 9	0.997 1	0.996 1	0.998 3	0.996 6	0.994 4	0.997 2
X_5	1.000 0	0.996 7	0.993 0	0.985 8	0.978 8	0.972 5	0.957 4	0.938 6	0.923 8	0.921 7
X_6	1.000 0	0.999 5	0.999 8	0.998 5	0.997 9	0.996 4	0.998 8	0.999 5	0.999 6	0.998 8
X_7	1.000 0	0.997 2	0.998 5	0.998 4	0.996 0	0.994 4	0.987 8	0.989 9	0.986 9	0.985 6
X_8	1.000 0	0.999 1	0.996 2	0.995 0	0.992 0	0.990 5	0.986 0	0.993 3	0.992 3	0.992 1
X_9	1.000 0	0.997 5	0.995 6	0.988 9	0.986 1	0.988 0	0.975 1	0.968 5	0.966 8	0.963 6
X_{10}	1.000 0	0.991 5	0.985 6	0.964 5	0.952 4	0.922 5	0.851 5	0.758 5	0.684 4	0.723 4
X_{11}	1.000 0	0.998 6	0.999 2	0.996 1	0.997 2	0.987 4	0.987 4	0.992 0	0.988 8	0.990 4
X_{12}	1.000 0	0.999 5	0.999 1	0.997 3	0.999 6	0.991 3	0.983 2	0.969 5	0.954 5	0.942 6
X_{13}	1.000 0	0.999 7	0.999 3	0.998 9	0.998 9	0.998 0	0.996 6	0.999 9	0.999 4	0.998 7
X_{14}	1.000 0	0.998 4	0.993 7	0.984 0	0.980 6	0.982 4	0.964 2	0.951 1	0.958 0	0.964 9
X_{15}	1.000 0	0.996 8	0.985 0	0.976 0	0.967 5	0.959 8	0.941 6	0.919 4	0.902 7	0.903 9
X_{16}	1.000 0	0.996 6	0.984 8	0.971 5	0.967 3	0.953 4	0.915 8	0.862 8	0.799 2	0.792 5
X_{17}	1.000 0	0.995 9	0.993 5	0.996 4	0.996 8	0.998 2	0.999 5	0.999 7	0.999 7	0.994 6
X_{18}	1.000 0	0.995 8	0.997 0	0.999 5	0.997 4	0.999 2	0.998 2	0.998 0	0.987 5	0.991 5
X_{19}	1.000 0	0.995 3	0.989 9	0.981 0	0.973 6	0.963 2	0.952 0	0.930 7	0.914 7	0.917 3
X_{20}	1.000 0	0.999 5	0.998 4	0.998 7	0.999 2	0.998 5	0.998 3	0.997 7	0.997 4	0.988 7
X_{21}	1.000 0	0.999 7	0.999 9	0.998 4	0.996 8	0.996 7	0.996 8	0.997 2	0.996 9	0.996 8
X_{22}	1.000 0	0.996 7	0.997 1	0.991 3	0.985 9	0.979 7	0.971 8	0.959 1	0.946 6	0.946 7
X_{23}	1.000 0	0.994 0	0.984 1	0.983 3	0.980 9	0.980 6	0.980 9	0.976 4	0.970 5	0.978 2
X_{24}	1.000 0	0.999 4	0.998 5	0.995 8	0.993 7	0.992 4	0.992 3	0.996 8	0.998 9	0.996 5
X_{25}	1.000 0	0.995 1	0.994 1	0.989 5	0.977 2	0.973 5	0.973 3	0.970 6	0.963 5	0.945 9
X_{26}	1.000 0	0.995 9	0.993 7	0.984 0	0.981 3	0.973 9	0.953 6	0.941 1	0.931 7	0.943 4
X_{27}	1.000 0	0.998 9	0.995 5	0.992 1	0.996 7	0.994 4	0.995 5	0.997 0	0.996 9	0.988 8

通过观察得到的 27 个指标与土地利用变化综合指数的关联度,发现 10 个关联度高且典型的驱动指标为 X_1 常住人口(0.999 3)、 X_2 城镇化率(0.983 9)、 X_3 公路里程(0.927 0)、 X_9 农林牧渔总产值(0.963 6)、 X_{14} 畜牧业总产值(0.964 9)、 X_{15} 人均地区生产总值(0.903 9)、 X_{19} 金融机构人民币存款余额(0.917 3)、 X_{22} 社会消费品零售总额(0.946 7)、 X_{24} 工业 SO_2 排放量(0.996 5)、 X_{26} 人均园林绿地面积(0.943 4)。由以上结果可以看出,荣昌区撤县设区后,人口增长和城镇化发展都促使荣昌区土地利用发生转变,这与荣昌区常住人口从

2000 年的 65.6 万人增加到 2015 年的 70.1 万人,户籍人口数从 2000 年的 80.64 万人增加到 2015 年的 84.48 万人,荣昌区的城镇化率从 2000 年的 21.1% 增加到 2015 年的 49.26% 密切相关;地区生产总值、人均地区生产总值的增长直接说明一个地区的经济发展水平,随着荣昌区社会经济水平的发展,荣昌区人民的生活水平明显提高,人们对环境质量要求越来越高,社会生活环境得到显著改善;在 2000—2015 年这 15 年里,荣昌区公路里程不断延长,说明荣昌区的交通运输条件在不断改善,荣昌区的通达性和可进入性明显得到了提高;荣昌区的

表 7 土地利用变化综合指数与驱动力指标的灰色关联度系数(续表)

指标	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	关联度
X_1	0.999 2	0.998 9	0.999 1	0.998 8	0.998 4	0.997 7	0.999 3
X_2	0.978 7	0.976 7	0.974 9	0.973 2	0.971 3	0.969 4	0.983 9
X_3	0.890 1	0.890 1	0.890 3	0.890 3	0.887 0	0.900 2	0.927 0
X_4	0.994 8	0.995 2	0.995 7	0.998 7	0.997 4	0.998 0	0.997 2
X_5	0.902 2	0.870 3	0.856 3	0.837 2	0.814 3	0.798 0	0.921 7
X_6	0.999 0	0.999 7	0.999 3	0.998 4	0.998 3	0.998 0	0.998 8
X_7	0.979 5	0.977 0	0.973 9	0.970 1	0.968 3	0.966 0	0.985 6
X_8	0.991 0	0.990 6	0.990 2	0.988 7	0.987 7	0.988 2	0.992 1
X_9	0.956 9	0.940 7	0.932 6	0.925 1	0.920 5	0.912 1	0.963 6
X_{10}	0.594 3	0.529 1	0.489 9	0.420 3	0.372 7	0.333 3	0.723 4
X_{11}	0.983 1	0.985 3	0.987 7	0.984 5	0.984 5	0.984 5	0.990 4
X_{12}	0.928 5	0.923 9	0.904 1	0.867 6	0.829 3	0.792 2	0.942 6
X_{13}	0.998 7	0.998 0	0.997 8	0.997 6	0.998 1	0.999 5	0.998 7
X_{14}	0.951 6	0.952 0	0.946 1	0.940 8	0.940 3	0.930 7	0.964 9
X_{15}	0.878 2	0.842 4	0.827 5	0.807 3	0.784 1	0.769 7	0.903 9
X_{16}	0.725 7	0.668 7	0.588 9	0.534 1	0.482 8	0.436 1	0.792 5
X_{17}	0.991 1	0.990 6	0.989 8	0.989 5	0.989 4	0.989 3	0.994 6
X_{18}	0.992 9	0.987 5	0.982 9	0.982 0	0.978 7	0.975 8	0.991 5
X_{19}	0.894 5	0.871 2	0.857 4	0.837 5	0.812 6	0.786 2	0.917 3
X_{20}	0.995 6	0.929 8	0.983 8	0.981 0	0.977 5	0.974 3	0.988 7
X_{21}	0.996 9	0.996 1	0.994 4	0.994 1	0.993 8	0.994 5	0.996 8
X_{22}	0.934 2	0.918 9	0.902 9	0.885 5	0.860 3	0.871 4	0.946 7
X_{23}	0.970 2	0.970 4	0.970 9	0.970 8	0.970 8	0.968 9	0.978 2
X_{24}	0.999 3	0.998 7	0.996 9	0.996 5	0.995 5	0.992 8	0.996 5
X_{25}	0.946 4	0.913 6	0.898 9	0.876 0	0.864 8	0.852 2	0.945 9
X_{26}	0.912 9	0.895 2	0.894 0	0.903 2	0.900 6	0.889 5	0.943 4
X_{27}	0.994 8	0.976 5	0.973 1	0.974 1	0.973 4	0.973 4	0.988 8

特色农牧业发展也促使了土地利用方式的转变。

以这 10 个指标作为变量,借助 SPSS 21.0 进行分析研究,从表 8 可以得知, X_2 城镇化率、 X_3 公路里程、 X_9 农林牧渔总产值、 X_{14} 畜牧业、 X_{15} 人均地区生产总值、 X_{19} 金融机构人民币存款余额、 X_{22} 社会消费品零售总额、 X_{26} 人均园林绿地面积和第 1 主成分的相关系数较高; X_1 常住人口和第 2 主成分的关联度较高,由此可将第 1 主成分确定为社会经济、基础设施因素,人均园林绿地面积可反映荣昌区的生态环境,第 2 主成分和常住人口相关性密切,由此看来人口情况对荣昌区土地利用影响较大。

3 结论

本研究先借助遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术获得遥感解译数据,通过对土地利用变化动态度、土地利用程度、景观变化度等单一指标

表 8 旋转成分矩阵

指标	相关系数	
	第 1 主成分	第 2 主成分
X_1	0.554	0.765
X_2	0.808	0.566
X_3	0.993	0.084
X_9	0.721	0.690
X_{14}	0.804	0.522
X_{15}	0.744	0.668
X_{19}	0.726	0.685
X_{22}	0.713	0.693
X_{24}	0.033	0.236
X_{26}	0.832	0.515

注:旋转法为具有 Kaiser 标准化的正交旋转法;旋转在 3 次迭代后收敛。

进行分析,结果表明,从数量变化上看,在研究阶段期间,6 类土地利用类型均发生了不同程度的变化。

耕地、草地、未利用地的面积呈减少趋势,其中耕地的面积减少的最多,2000—2015 年间共减少 14 924.4 hm²;林地、建设用地、水域的面积呈增加趋势,林地的面积增加最多,共增加 11 958.53 hm²,建设用地面积共增加 4 888.98 hm²;研究期间,荣昌区土地利用方式以耕地、林地、建设用地为主,未利用地主要转变为建设用地。从土地利用程度变化上看,在 2000—2015 年间,土地利用程度变化量和变化率都小于 0,土地利用程度总体属于中上水平;研究前期荣昌区工业化基础薄弱,土地利用处于调整期,人类活动对土地利用程度较低,随着荣昌区社会经济水平的提高,基础设施的完善,后期土地利用逐渐步入发展期。从土地利用景观变化上看,荣昌区斑块个数、最大斑块指数、景观形状指数逐渐下降,景观多样性和景观均匀度缓慢上升,荣昌区土地利用格局逐渐均衡发展,草地、水域、未利用地所占比例较小,主要是耕地、林地、建设用地均衡发展。

荣昌区撤县设区后,城市化水平不断推进,土地利用方式发生了很大转变。在对 27 个驱动指标中 10 个关联度指标的分析中可以看出,城镇化率水平的提高,迫使区域土地利用发生动态调整,城镇用地的扩张,耕地和未利用地等自然、半自然景观不断转变为建设用地等,给生态环境造成了较大的压力;社会经济水平的提高,人均地区生产总值的增长使人们对环境提出了更高的要求,耕地一部分转化为城市绿地,另外退耕还林政策使得耕地面积进一步减少,将影响到区域粮食产量。因此,应正确处理发展用地、耕地保护和生态保护之间的关系,合理保护耕地,加大对未利用地的开发利用,同时注意对水域等生态景观的保护;明确荣昌区产业发展方向和用地标准,注重产业布局的规模化和集群化,节约集约利用土地,发挥第一特色产业,注重与第二、第三产业协调发展,优化利用土地资源。

本研究通过研究土地利用变化的 3 个指数,分析荣昌区 2000—2015 年的土地利用变化情况,利用灰色关联和主成分分析法来探究土地利用驱动力因素,对荣昌区的土地利用及转变作了系统的分析,对于荣昌区未来的土地规划和决策具有一定的借鉴作用,但文中土地利用变更数据的获取以及分析指标选取的合理性还需要进一步研究。由于数据获取的有限性和遥感影像本身分辨率的问题,最

终解译结果可能会存在差异,因此,尽可能地结合多种解译方法从而提高解译精度是必要的。

参考文献:

- [1] Overmars K P, Verburg P H. Analysis of land use drivers at the watershed and household level: linking two paradigms at the Philippine forest fringe [J]. International Journal of Geographical Information Science, 2005, 19(2): 125–152.
- [2] 侯 鹏, 王 桥, 王昌佐, 等. 流域土地利用/土地覆被变化的生态效应[J]. 地理研究, 2011, 30(11): 2092–2098.
- [3] 秦 鹏, 董玉祥. 广州市土地利用空间分布影响因素的粒度效应分析[J]. 资源科学, 2013, 35(11): 2239–2247.
- [4] 张 舟, 吴次芳, 谭 荣. 生态系统服务价值在土地利用变化研究中的应用: 瓶颈和展望[J]. 应用生态学报, 2013, 24(2): 556–562.
- [5] 刘金勇, 孔繁花, 尹海伟, 等. 济南市土地利用变化及其对生态系统服务价值的影响[J]. 应用生态学报, 2013, 24(5): 1231–1236.
- [6] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 3–14.
- [7] 马 静. 基于 GIS 的土地利用/覆被变化及其社会经济驱动力研究——以张掖市为例[D]. 兰州: 西北师范大学, 2008.
- [8] 王 炯, 许月明, 郭 庆. 基于聚类分析法的保定市土地利用分区及建议[J]. 中国农业资源与区划, 2011, 32(2): 63–67.
- [9] 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, 51(6): 553–557.
- [10] 黄秉维. 论地球系统科学与可持续发展战略科学基础(I) [J]. 地理学报, 1996, 63(4): 350–354.
- [11] Bičík I, Jeleček L, Štěpánek V. Land – use changes and their social driving forces in Czechia in the 19th and 20th centuries[J]. Land Use Policy, 2001, 18(1): 65–73.
- [12] 韩超峰, 陈仲新. LUCC 驱动力模型研究综述[J]. 中国农学通报, 2008, 24(4): 365–368.
- [13] 谢花林. 基于 Logistic 回归模型的区域生态用地演变影响因素分析——以京津冀地区为例[J]. 资源科学, 2011, 33(11): 2063–2070.
- [14] 史 舟, 梁宗正, 杨媛媛, 等. 农业遥感研究现状与展望[J]. 农业机械学报, 2015, 46(2): 247–260.
- [15] 李忠峰, 王一谋, 冯毓荪, 等. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 97–99.
- [16] 王美玲, 邴龙飞, 郝凤明, 等. 老工业搬迁区土地利用变化时空特征及其驱动力——以沈阳市铁西老工业区为例[J]. 应用生态学报, 2013, 24(7): 1969–1979.
- [17] 陆华丽. RS 和 GIS 支持下辛集市土地利用/土地覆盖变化监测研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2008.
- [18] 张军良. 利用灰色控制系统模型进行预测分析研究[J]. 计算机与网络, 2012, 38(11): 69–71.