

基于地理探测器的长武县土地利用时空差异及驱动力分析

李 沛, 贺炳彦

(长安大学地质工程与测绘学院, 陕西西安 610100)

摘 要 以咸阳市长武县为研究区, 研究其土地利用时空变化特征、发展规律及驱动因子作用机制。经回归分析可知, 高程、生产总值和人口总数是影响长武县土地利用变化的3个最显著驱动力因子; 通过构建地理探测器模型得出距人均收入与人口总数, 坡度、高程等与距道路的距离和距水源的距离的交互作用极强, 且不存在独立或者减弱关系的因子, 为长武县土地利用可持续发展提供依据。

关键词 土地利用变化; 驱动力因子; Logistic 回归分析; 地理探测器模型

中图分类号: F301.2 **文献标志码:** B **DOI:** 10.19415/j.cnki.1673-890x.2020.09.089

近年来, 我国社会经济的快速发展与土地资源的匮乏之间的矛盾日益突出, 引发了越来越多的土地问题^[1]。为了实现社会经济与土地资源的协调可持续发展, 土地利用/覆被变化逐渐成为人们关注的热点内容^[2]。深入研究土地利用变化的时空特征、发展规律以及产生变化的驱动因素, 通过分析驱动因素与土地利用类型之间的作用机制, 能够为维持生态系统稳定提供有力支撑^[3]。目前学者们对土地利用时空演变及驱动力分析的研究呈现出多角度全方位的特点^[4-8]。但是任何一种地类的变化都是多因素影响的结果。基于此, 以长武县作为研究区域, 探讨和分析该区域土地利用时空变化特征, 探测识别影响该区域用地时空演变的各驱动力因素及作用机制, 对指导未来土地利用可持续发展具有重要意义。

1 数据与方法

1.1 数据来源与处理

研究中所涉及的土地利用数据来源于长武县自然资源局, 参考《土地利用现状分类标准》将长武县土地分为耕地、园地、林地、草地、城镇村及工矿用地、交通运输用地、水域及水利设施用地以及其他土地八大类。并选取了高程等十一个驱动因子并将其重命名, 如表1所示。其中高程(DEM)数据来源于地理空间数据云平台; 坡度及坡向数据是根据Arcgis的表面分析模块计算得到; 距离因子是通过Arcgis的欧式距离分析模块计算得到; 人口数据、社会经济、降雨量等社会统计数据主要通过查阅咸阳市年鉴、长武县年鉴以及咸阳市和长武县政府工作报告等获得。

1.2 研究方法

1.2.1 单一土地利用动态度

单一土地利用动态度是描述单一地类动态变化时采用的模型^[9], 能反映一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况和变化速率。其数学表达式为式1~3。

$$TRL_i = \frac{(LA_{(i,t)} - ULA_i) / LA_{(i,t)}}{T2 - T1} \times 100\% \quad (1)$$

$$IRL_i = \frac{(LA_{(i,t2)} - ULA_i) / LA_{(i,t)}}{T2 - T1} \times 100\% \quad (2)$$

$$CCL_i = \frac{\{(LA_{(i,t2)} - ULA_i) + (LA_{(i,t)} - ULA_i)\} / LA_{(i,t)}}{T2 - T1} \times 100\% \quad (3)$$

式中: TRL 为新增速率, IRL 为减少速率, CCL 为变化速率, LA 为监测初期某一类面积, ULA 为末期面积。

表1 长武县驱动因子一览表

序号	驱动因子名称	重命名
1	DEM	X1
2	坡度	X2
3	坡向	X3
4	距道路的距离	X4
5	距水源的距离	X5
6	距中心城镇的距离	X6
7	降水量	X7
8	生产总值	X8
9	工农业产值	X9
10	人均收入	X10
11	人口总数	X11

1.2.2 回归分析方法

Logistic 回归分析主要分为二项 logistic 回归和多元 logistic 回归^[10]。Logistic 回归分析可以筛选出对土地利用变化影响显著的因子, 因此在土地利用变化方面应用十分广泛^[11], 表达式如公式4所示。

$$\log\left(\frac{P_i}{1 - P_i}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_n X_n \quad (4)$$

式中: P_i 表示分别每一个栅格单元出现某一地类的概率, X_n 代表各个驱动因子, β_n 表示各个驱动因子对应的回归系数, β_0 表示回归分析的常数。

1.2.3 地理探测器模型

地理探测器模型由因子探测器、生态探测器、风险探测器和交互探测器组成^[12], 交互探测器可以识别不同

收稿日期: 2020-02-28

作者简介: 李沛(1986—), 男, 青海西宁人, 硕士, 副高级工程师, 研究方向为国土调查及数据库建设。E-mail: 421724758@qq.com。

因子之间的交互作用, 可以评估两个因子共同作用下对土地利用变化程度的解释力^[13]。交互判断依据如表 2 所示。

2 结果与分析

2.1 时空差异分析

2.1.1 数量变化分析

由表 3 可知, 长武县土地利用类型总体呈以农用地为主、城乡建设用地为辅的分布态势。耕地、城镇村及工矿用地等在研究时段内面积呈增加趋势, 其中城镇村及工矿用地占比增加 0.44%, 变化最明显。园地、林地等在研究时段内面积呈下降趋势, 其中园地面积占比减少了 0.74%。随着社会经济的快速发展, 长武县城镇体

系的不断优化使得建设用地呈现持续扩张趋势, 近年来随着耕地保护政策的实施使得长武县的耕地保有量稳中有升。园地整体处于下降趋势, 但减少速度逐渐放缓。

2.1.2 动态变化分析

长武县土地利用动态变化情况如表 4 所示。研究期间长武县的各地类均有不同程度的转移或增加, 未利用地与建设用地的总变化速率最大, 且均为新增速率大于转移速率。水域及水利设施用地的转移速率大于新增速率, 总变化率为 0.70%。农用地中园地变化速率较大为 0.66%。建设占用是园地减少的主要原因, 耕地虽有部分转移, 但是随着加大土地复垦及农业结构调整力度等政策的实施, 耕地得到了有效及时的补充。

表 2 交互作用判断依据

分类	判据	交互作用
1	$q(X_1 \cap X_2) < \text{Min}[q(X_1), q(X_2)]$	非线性减弱
2	$\text{Min}[q(X_1), q(X_2)] < q(X_1 \cap X_2) < \text{Max}[q(X_1), q(X_2)]$	单因子非线性减弱
3	$q(X_1 \cap X_2) < \text{Max}[q(X_1), q(X_2)]$	双因子增强
4	$q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$	独立
5	$q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$	非线性增强

表 3 长武县 2010 年与 2018 年地类面积对比表

地类名称	2010 年面积/hm ²	比例/%	2018 年面积/hm ²	比例/%
耕地	15 980.01	28.11	16 194.22	28.49
园地	8 284.96	14.58	7 866.31	13.84
林地	18 180.42	31.99	18 015.79	31.70
草地	7 738.24	13.61	7 799.51	13.72
城镇村及工矿用地	5 055.06	8.89	5 305.83	9.33
交通运输用地	227.48	0.40	274.51	0.48
水域及水利设施用地	1 306.84	2.30	1 278.49	2.25
其他土地	65.54	0.12	103.89	0.18
合计	56 838.55	100	56 838.55	100

表 4 2010—2018 年土地利用动态变化情况表

地类名称	未变化	转移部分		增加部分		变化速率/%
		面积/hm ²	转移速率/%	面积/hm ²	新增速率/%	
耕地	15 691.03	288.98	0.23	503.19	0.39	0.61
园地	7 856.31	428.65	0.65	10.00	0.02	0.66
林地	18 007.14	173.28	0.12	8.65	0.01	0.13
草地	7 673.60	64.64	0.10	125.91	0.20	0.31
城镇村及工矿用地	4 768.28	286.78	0.71	537.55	1.27	1.98
交通运输用地	227.25	0.23	0.01	47.26	2.15	2.16
水域及水利设施用地	1 256.09	50.75	0.49	22.40	0.22	0.70
其他土地	65.09	0.45	0.09	38.80	4.67	4.75

2.1.3 空间变化分析

如图 1 所示, 从地类的空间分布来看, 长武县的土地利用空间分布可以分为南、北、中 3 部分。由于地形地貌的影响, 长武县北部多耕地、园地和建设用地, 最

北端分布有较少量的林地; 耕地主要分布在地掌镇、彭公镇和冉店镇; 园地主要分布在相公镇、昭仁镇和洪家镇; 建设用地主要分布在昭仁镇和亭口乡。中部区域较小, 地类主要以草地为主。亭口镇、巨家镇和枣元镇占了长

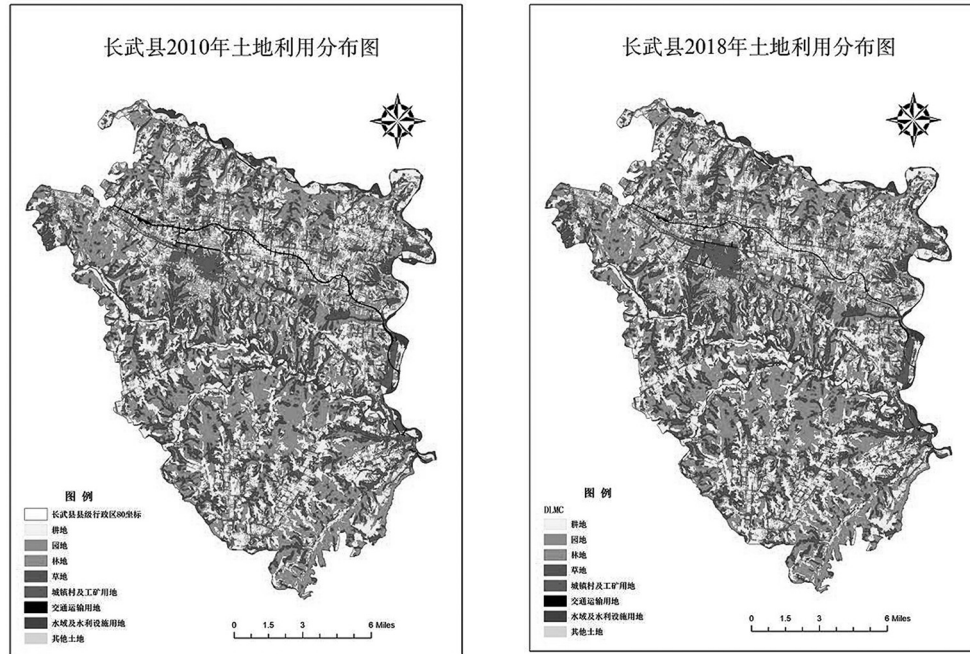


图1 长武县土地利用空间分布图

武县南部的绝大部分,其地类主要以林地为主。

2.2 影响因素分析

根据前文分析,将驱动因子与土地利用变化数据作为基础数据导入到 SPSS 软件中定量分析驱动因子与土地利用变化之间的相互作用关系,结果如表 5 所示。

表5 驱动因子回归系数表

序号	驱动因子	回归系数B	显著性
1	X1	-0.012 657	0.001
2	X2	-0.009 611	0.001
3	X3	-0.007 687	0.001
4	X4	0.004 117	0.001
5	X5	0.002 756	0.001
6	X6	0.010 720	0.001
7	X7	0.002 313	0.001
8	X8	0.004 394	0.001
9	X9	0.007 440	0.001
10	X10	0.010 355	0.001
11	X11	0.010 720	0.001
12	常量	11.206 199	

长武县回归方程模型如公式 5 所示。由表 5 可知,高程、生产总值和人口总数是影响长武县土地利用变化的 3 个最显著的驱动力因子。

$$\log\left(\frac{p_i}{1-p_i}\right) = 11.206\ 199 - 0.012\ 657X_1 - 0.009\ 611X_2 - 0.007\ 687X_3 + 0.004\ 117X_4 + 0.002\ 756X_5 + 0.010\ 720X_6 + 0.002\ 313X_7 + 0.004\ 394X_8 + 0.007\ 440X_9 + 0.010\ 355X_{10} + 0.010\ 720X_{11} \quad (5)$$

2.3 驱动力交互探测分析

运用地理探测器探测不同驱动因子与 2010—2018 年的土地利用时空变化的交互作用关系,交互作用结果如表 6 所示。土地利用在 2010—2018 年间受到了多因子的共同作用,其中距人均收入和人口总数交互影响力比值最大,为 0.976,坡度和距道路的距离交互影响力次之,为 0.964,DEM 和距水源的距离交互影响力为 0.937。二者的交互作用方式均为非线性增强。人均收入促进了人口总数因子对土地利用变化影响的程度,近年来人们生活水平提高,快速的人口增长使得中心城镇居民对居住用地及居住环境的需求量大幅度提高,成为建设用地扩张的主要驱动因素。距道路的距离和距水源的距离也是影响土地利用时空分布的主要驱动力,高程与坡度加强了这种影响作用。

3 结论与讨论

3.1 结论

长武县的林地面积最大,园地的转移速率明显高于其他地类,建设用地在研究期间呈现明显的扩张趋势,且新增速率最为显著。扩张的建设用地主要集中在昭仁镇且呈现放射状发展,其他地类变化呈现出不规则的趋势。通过建立回归模型分析回归系数可知,高程、生产总值和人口总数是影响长武县土地利用变化的 3 个最显著的驱动力因子。由驱动力交互探测分析结果可知距人均收入与人口总数,坡度、高程等与距道路的距离和距水源的距离的交互作用极强。

3.2 讨论

1) 由于数据获取以及数据转化的限制,没有选择政策因素作为驱动因子,具有一定的局限性,下一步应加

表 6 驱动因子交互作用表

驱动因子	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11
X1	0.341										
X2	0.516	0.426									
X3	0.641	0.876	0.526								
X4	0.769	0.964	0.716	0.342							
X5	0.937	0.906	0.604	0.805	0.319						
X6	0.676	0.871	0.811	0.929	0.642	0.346					
X7	0.937	0.794	0.819	0.745	0.764	0.717	0.533				
X8	0.908	0.832	0.727	0.931	0.932	0.863	0.763	0.469			
X9	0.871	0.653	0.705	0.892	0.911	0.804	0.793	0.887	0.417		
X10	0.849	0.767	0.839	0.909	0.813	0.792	0.892	0.764	0.913	0.325	
X11	0.739	0.621	0.642	0.854	0.897	0.804	0.917	0.806	0.882	0.976	0.487

强对政策和制度因子的量化并将其纳入研究分析中。2) 由于收集到的数据有限, 加之研究所设定的研究时段间隔较小, 因此对于研究区土地利用变化的分析存在一定的片面性。在以后的研究中, 可以结合研究区的多时段影像, 通过影像直观地查看地类的变化趋势。3) 地理探测器模型内容丰富, 研究仅使用了交互探测器, 在以后的研究中可以尝试使用其他类型的探测器, 丰富研究内容。

参考文献:

- [1] 傅伯杰, 陈利顶. 黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响: 以延安市羊圈沟流域为例 [J]. 地理学报, 1999, 54(3): 241-246.
- [2] 李仁东, 程学军, 隋晓丽. 江汉平原土地利用的时空变化及其驱动因素分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(4): 423-431.
- [3] 刘郑伟, 付梅臣, 丁茜, 等. 边境贸易地区土地利用变化驱动力演变研究 [J]. 资源科学, 2018, 40(4): 729-736.
- [4] 邱发富, 聂宝森, 刘森. 济南市土地利用生态环境功能区适宜度评价 [J]. 测绘与空间地理信息, 2012(12): 90-93.
- [5] 赵云龙, 何立环, 江源, 等. 黄河中游砒砂岩地区土地利用对生物多样性的影响评价 [J]. 生物多样性, 2006(1): 45-51.
- [6] 刘云慧. 华北平原农业土地利用对生物多样性和土壤有机碳变化的影响研究 [D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [7] 荣月静, 张慧, 王岩松. 基于 Logistic-CA-Markov 与 InVEST 模型对南京市土地利用与生物多样性功能模拟评价 [J]. 水土保持研究, 2016, 23, 116(3): 88-95.
- [8] 彭文甫, 周介铭, 罗怀良, 等. 土地利用变化与城市空气环境效应的关系 [J]. 水土保持研究, 2010(4): 91-95.
- [9] 王权, 杨正宇, 孙广友. 土地利用动态变化研究方法探讨 [J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81-87.
- [10] 高凤杰, 韩文文, 单培明, 等. 基于 CA-Markov 的农林交错区土地利用变化分析及预测 [J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(9): 145-153.
- [11] 张晓栋. 基于 CLUE-S 模型的土地利用变化模拟研究 [D]. 西安: 长安大学, 2017.
- [12] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [13] 柳冬青, 张金茜, 李红瑛, 等. 基于地理探测器的流域土壤磷流失影响因素分析 [J]. 环境科学学报, 2018, 38(12): 4814-4822.

(责任编辑: 刘昀)