

基于因子空间分异的巴彦县土地利用格局变化研究

王盼盼, 宋戈

(东北大学 土地管理研究所, 辽宁 沈阳 110169)

摘要: [目的] 探究黑龙江省巴彦县土地利用格局变化特征, 为优化土地利用格局奠定基础。[方法] 运用 AutoLogistic 回归模型和空间统计分析方法。[结果] ① 引入空间自相关因子, 构建 AutoLogistic 回归模型, 在分析区域土地利用格局变化特征时比传统 Logistic 模型更为适用和可靠。② 研究区黑龙江省巴彦县土地利用格局变化是基于特定的自然因素和人文因素共同作用而发生的, 高程、地貌类型、pH 值、土壤有机质、距城镇中心距离、距水域距离、距道路距离、区位指数、集中化程度、土地利用多样性和土地利用强度是土地利用格局变化的主要影响因素。③ 不同土地利用类型的分布受影响因素的限制性存在明显的空间分异特征, 水田、水域和草地主要分布在高程 1 级区域; 旱地、水田、园地、建设用地主要分布在土壤有机质 2, 3 级区域; 旱地、园地、建设用地主要分布在距城镇中心距离 1 级区域和土地利用强度 4, 5 级区域。[结论] 研究区土地利用格局在各影响因子的共同作用下, 呈现出明显的空间分异特征。

关键词: 土地利用格局; 空间分异; 黑龙江省巴彦县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2017)06-0321-07

中图分类号: F301.24

文献参数: 王盼盼, 宋戈. 基于因子空间分异的巴彦县土地利用格局变化研究[J]. 水土保持通报, 2017, 37(6): 321-327. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20171020.001; Wang Panpan, Song Ge. Land use pattern change based on factor spatial differentiation in Bayan County[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2017, 37(6): 321-327. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20171020.001

Land Use Pattern Change Based on Factor Spatial Differentiation in Bayan County

WANG Panpan, SONG Ge

(Institute of Land Management, Northeast University, Shenyang, Liaoning 110169, China)

Abstract: [Objective] The change characteristics of land use pattern in Bayan County, Heilongjiang Province were explored to laid foundation for land use pattern optimization. [Methods] AutoLogistic regression model and spatial statistical analysis method were used. [Results] ① Introducing the spatial autocorrelation factor to construct AutoLogistic regression model is more applicable and reliable than the traditional Logistic model in analyzing the change characteristics of regional land use pattern. ② The land use pattern is closely related to natural and human factors. Elevation, landform, pH value, soil organic matter, distance to town center, distance to waters, distance to roads, location index, centralization degree, land use diversity and land use intensity are the main influencing factors of land use pattern change. ③ The obvious spatial differentiation characteristics of the distribution of different land use types were restricted by influencing factors. The paddy, water and grassland were mainly distributed in the areas of level 1 elevation. The dry land, paddy, garden and construction land were mainly distributed in the 2 and 3 levels of soil organic matter. The dry land, garden and construction land were mainly distributed in the areas of level 1 distances to the town center and the level 4 and 5 land use intensity. [Conclusion] The land use pattern of the study area shows obvious spatial differentiation characteristics under the combined effects of various factors.

Keywords: land use pattern; spatial differentiation; Bayan County of Heilongjiang Province

收稿日期: 2017-06-06

修回日期: 2017-06-30

资助项目: 国家自然科学基金项目“松嫩高平原土地利用格局变化的时空分异及其优化模式研究”(41571165); 中央高校基本科研业务费“松嫩高平原县域土地利用格局变化机理及模拟研究”(N161406002)

第一作者: 王盼盼(1992—), 女(汉族), 黑龙江省嫩江市人, 博士研究生, 研究方向为土地利用与管理。E-mail: 625323292@qq.com。

通讯作者: 宋戈(1969—), 女(汉族), 黑龙江省庆安市人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事土地利用与管理方面的研究。E-mail: songgelaoshi@163.com。

土地利用格局是人类和自然界相互影响,相互作用的主要表现形式^[1]。目前国内外大量研究表明,土地利用格局的形成与演化易受不同时空尺度上的自然(地形、地貌、土壤、光照、水文等)、社会经济(人口、技术、政策等)等多种因素影响^[2-3],自然和社会经济因素的作用在一定程度上决定着土地利用方向和方式的选择,使土地利用格局在水平和垂直方向上呈现明显的变化特征^[4-6]。故深入探究区域土地利用格局变化特征成为当前的研究重点。目前,国内外研究多限于从自然、社会和经济等方面对土地利用格局变化及驱动力的定性描述^[7],或只分析某单一因素对土地利用格局的影响,如道路网络^[8]、地貌特征^[9]、地形梯度^[10]等,部分学者通过识别研究区土地利用类型及土地利用结构等影响因子,通过各影响因子的回归系数来分析土地利用格局的驱动机理,或以景观形状指数、聚集度指数、斑块密度和多样指数为因变量,进行影响因子的识别,从而分析其对土地利用格局的影响^[11]。且当前绝大部分的数学模型还是基于驱动力的研究上创建的,运用数理统计,如因子分析、主成分分析、回归分析等^[12-13]。大多数研究多限于将各土地利用类型或土地利用结构与基于时间系列的社会经济数据进行相关性分析,而各影响因子在空间上存在明显的分异特征,基于时间系列研究土地利用格局变化问题,很难反映出各影响因子的地理区位及空间差异对土地利用格局变化的影响^[14-15],而从影响因子的空间分异角度,研究土地利用格局变化的相关研究并不多见。因此,本文黑龙江省哈尔滨市以巴彦县为研究区,引入空间自相关因子,构建 AutoLogistic 回归模型,将其与传统 Logistic 回归模型的结果进行比较,得到研究区土地利用格局变化的主要影响因子,从影响因子空间分异角度,阐明研究区土地利用格局变化特征,以期为土地利用格局的优化调整提供参考依据。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源与处理

本研究遥感影像来源于 1979 年 Landsat MSS 遥感影像和 2015 年的 Landsat8 OLI 遥感影像。应用 ENVI 软件,对遥感影像进行预处理,并提取 NDVI, DVI, RVI 等植被指数,NDVI, DVI, RVI 可以间接的反应土壤肥力、土壤退化及土壤水分。通过人机互助解译,将土地利用类型划分为旱地、水田、林地、草地、园地、水域、建设用地和其他用地 8 大类,获取研究区 1979 及 2015 年的土地利用数据库。以研究

区 1:5 万数字化地形图为数据源提取高程数据,在 ArcGIS 平台下生成 DEM(30 m×30 m)获取坡度、坡向数据。运用 GPS 对采样点进行空间定位,对研究区 872 个采样点进行实地采样调查,从而获取研究区的地貌类型、土壤类型、土壤质地及黑土层厚度等土壤数据,同时对土壤样品进行土壤理化性质分析,获得研究区氮、磷、钙、氯及土壤重金属污染元素的含量、pH 值及土壤有机质等数据。其中,氯元素是研究区最主要的农药污染源,由氯元素代表研究区的农药污染指数。运用潜在生态危害指数法,根据土壤中 8 类重金属污染元素(铬、汞、铜、铅、镉、锌、镍、砷)的含量,计算得到研究区重金属综合污染指数。运用 GIS 软件,提取研究区水域、建设用地及道路的矢量数据,计算每个栅格到建设用地及水域的成本距离。根据研究区域内的人口、GDP 等社会经济数据,运用 GIS 软件,将各数据进行空间化。运用综合土地利用动态度模型,土地利用强度综合指数, Gibbs-Martin 指数及地类区位指数模型测算研究区 1979 和 2015 年的土地利用动态度、土地利用强度、土地利用多样性及区位指数,土地利用集中化程度=1-土地利用多样性指数。根据各乡镇的人口统计及经济数据,利用反距离权重插值方法插值成空间化数据。将采样点数据进行空间插值,最终得出 1979 和 2015 年各类影响因子的空间栅格数据(30 m×30 m)。

1.2 研究方法

传统的 Logistic 回归模型公式为:

$$P(Y=1/x_1, x_2, \dots, x_n) = \frac{\exp(\beta_0 + \sum \beta_i x_i)}{[1 + \exp(\beta_0 + \sum \beta_i x_i)]} \quad (1)$$

对公式(1)进行 Logit 变换,以转变为线性公式(2)

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (2)$$

式中: P ——土地利用格局发生的概率; β_0 ——常数项; β_i ——自变量 x_i 的偏回归系数($i=1, 2, \dots, n$)。

然而,传统 Logistic 模型由于不能考虑土地利用的空间依赖关系而产生一定模型偏差,本文引入含有空间自相关因子的 AutoLogistic 模型^[15],其形式如公式(3):

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \sum_{i=1}^m \beta_i \text{Autocov}_i \quad (3)$$

式中: Autocov_i ($i=1, 2, \dots, m$)——空间自相关因子。

土地利用变化受邻域的影响较大,一般某地块周围的土地利用类型发生变化、土地开发较成熟或者土地利用类型较多样,则该地块发生变化的概率会升高。因此,本研究将土地利用动态度空间自相关性、土地利用强度空间自相关性及土地利用多样性空间

表 1 巴彦县土地利用格局变化空间机理回归模型结果对比

解释变量	Logistic				AutoLogistic			
	B	Exp(B)	S. E.	P	B	Exp(B)	S. E.	P
Elevation	-0.385	0.681	0.008	0.007	-0.508	0.602	0.009	0.005
Slope	0.002	1.002	0.059	0.001	-0.023	0.977	0.060	0.003
Landforms	-0.138	0.871	0.117	0.024	-0.116	0.891	0.122	0.002
Soil type	0.127	1.135	0.213	0.015	0.075	1.078	0.223	0.005
Black soil	0.019	1.019	0.028	0.012	0.012	1.012	0.028	0.009
Potassium	-0.013	0.987	0.006	0.036	-0.011	0.989	0.006	0.008
pH	0.166	1.180	0.413	0.008	0.116	1.123	0.440	0.001
OM	0.103	1.109	0.197	0.001	-0.133	0.875	0.219	0.013
Heavy-metal	0.007	1.007	0.022	0.004	0.013	1.013	0.023	0.003
CL	-0.015	0.985	0.017	0.003	-0.029	0.972	0.019	0.002
NDVI	1.112	3.039	0.563	0.004	0.001	1.001	0.657	0.002
DVI					0.004	1.004	0.005	0.01
DIS-center	0.408	1.504	0.417	0.024	0.554	1.740	0.017	0.049
DIS-river					0.114	1.212	0.000	0.023
DIS-road	0.111	1.117	0.025	0.009	0.116	1.123	0.025	0.001
Q	-0.249	0.780	0.116	0.032	0.240	1.271	0.009	0.038
C	0.279	1.322	0.061	0.000	0.269	1.309	0.071	0.000
D	1.366	3.919	0.007	0.019	0.851	2.342	0.007	0.006
L	0.738	2.092	0.002	0.013	1.054	2.870	0.002	0.001
Lag_L					0.417	1.517	0.006	0.043
Lag_D					0.738	2.092	0.054	0.003
Lag_B					0.498	1.646	0.004	0.005
常数	2.217	9.179	4.069	0.586	-1.943	0.143	4.470	0.004
模型参数	$p=0.000, ROC=0.8124$, 预测正确率为 78.10%				$p=0.000, ROC=0.8627$, 预测正确率为 82.00%			

表 2 不同高程分级区域土地利用类型分布特征

年份	土地利用类型所占面积比例/%	高程分级/m				
		1级	2级	3级	4级	5级
1979	旱地	25.54	51.65	22.08	0.73	0.01
	水田	76.78	22.19	1.03	0.00	0.00
	园地	21.46	46.99	31.45	0.10	0.00
	林地	6.09	14.17	35.58	31.05	13.10
	草地	62.13	27.49	9.13	1.25	0.00
	建设用地	31.31	46.93	21.48	0.27	0.00
	水域	81.27	17.24	1.35	0.15	0.00
	其他用地	47.04	36.66	13.90	2.30	0.10
2015	旱地	24.05	52.07	22.65	1.19	0.04
	水田	70.24	27.44	2.32	0.00	0.00
	园地	0.00	15.57	84.16	0.27	0.00
	林地	2.98	7.06	38.71	35.49	15.76
	草地	71.64	27.29	0.90	0.17	0.00
	建设用地	33.16	45.71	20.76	0.35	0.03
	水域	84.24	13.69	1.83	0.25	0.00
	其他用地	69.19	18.71	9.72	2.34	0.03

3.2 基于土壤有机质的土地利用格局变化

将土壤有机质分级结果与 1979 和 2015 年土地利用现状进行叠加处理,得到不同土地利用类型在不

同土壤有机质分级上的数量分布结果(表 3)。旱地主要分布在土壤有机质 2,3 级区域,且旱地在土壤有机质 2,3 级区域面积比例略有下降。水田主要分布

在土壤有机质 2,3 级区域。园地主要分布在土壤有机质 2,3 级区域,园地在土壤有机质分级上的面积比例变化波动比较大,这跟园地本身园地基数小有较大的关联。

林地主要分布在土壤有机质 2,3,4,5 级区域,且林地在各级土壤有机质含量上变化不明显。草地主要分布在土壤有机质 1,2,3 级区域,且草地在土壤有机质 1,2,3 级区域面积比例均呈下降趋势,分别从 26.68%,29.13%,30.67% 下降为 23.58%,24.79%,24.11%,说明草地受土壤有机质含量较大,但影响系数呈减少的趋势。建设用地主要分布在土壤有机质 2,3 级区域,且建设用地在土壤有机质 2 级区域面积比例略有下降,从 46.90% 下降为 45.13%。水域用地主要分布在土壤有机质 1,2,3 级区域,且水

域在土壤有机质 1 级区域面积比例呈上升趋势,从 28.31% 上升为 37.42%;水域在土壤有机质 2,3,4,5 级区域面积比例均呈下降趋势。其他用地主要分布在土壤有机质 1,2,3 级区域,其他用地在土壤有机质级别上面积比例的变化趋势与水域相似。自然状态下土壤有机质的主要来源包括各类植物的凋落物、死亡的植物体及根系。林地相对于其他土地利用类型而言具有大量的凋落物和庞大的树木根系等特点,因此,在土壤有机质 5 级区域,林地的分布比例最大。而土壤有机质的部分来源于土壤中的各种有机肥料,工农业和生活废水、废渣等,因此旱地、水田、园地、建设用地和草地等分布在土壤有机质含量中等偏低的区域。旱地、水田、园地、建设用地主要分布在土壤有机质 2,3 级区域。

表 3 不同土壤有机质分级区域土地利用类型分布特征

年份	土地利用类型所占面积比例/%	土壤有机质/(g · kg ⁻¹)				
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
1979	旱地	1.28	51.28	41.22	6.00	0.21
	水田	3.03	44.58	31.78	14.15	6.46
	园地	0.00	47.58	52.32	0.10	0.00
	林地	0.74	24.96	27.84	22.66	23.80
	草地	26.68	29.13	30.67	7.75	5.76
	建设用地	2.43	46.90	44.27	6.04	0.37
	水域	28.31	34.38	23.23	9.81	4.27
	其他用地	13.30	39.45	35.93	7.70	3.63
2015	旱地	1.21	51.08	41.05	6.07	0.59
	水田	3.72	37.95	37.56	15.49	5.27
	园地	0.00	93.69	6.04	0.27	0.00
	林地	0.94	24.20	24.97	22.69	27.20
	草地	23.58	24.79	24.11	18.57	8.95
	建设用地	1.45	45.13	46.91	6.07	0.45
	水域	37.42	33.45	20.22	5.88	3.04
	其他用地	39.48	33.40	21.31	4.76	1.05

3.3 基于城镇中心距离因素的土地利用格局变化

将距城镇中心距离分级结果与 1979 年和 2015 年土地利用现状进行叠加处理,得到不同土地利用类型在不同距城镇中心距离分级上的数量分布结果(表 4)。旱地和水田绝大部分分布在距城镇中心距离 1 级区域,1979 和 2015 年旱地在距城镇中心距离 1 级区域面积比例分别为 97.71%,96.81%,水田的面积比例分别为 85.96%,88.48%。园地主要分布在距城镇中心 1,2 级区域内,其中,园地在距城镇中心 1 级区域的面积比例呈减少趋势,由 99.90% 减少为 85.09%,其他区域的园地面积几乎为 0。林地的面积在距城镇 1 级区域的变化不明显,其面积比例分别为 50.31% 和 49.25%,面积比例略有减少,变化不显

著。而林地的面积在距城镇中心 2 级区域的变化较显著,呈增加趋势,由 29.56% 增加为 34.49%。草地主要分布在距城镇中心 1,2 级区域,草地在距城镇中心 1 级区域的面积比例呈减少趋势,从 64.78% 减少为 60.40%。水域主要分布在距城镇中心 1,2,3 级区域,其面积比例在距城镇中心 1 级呈减少趋势,面积比例分别为 65.30%,59.92%,共减少 5.38%,随着技术的进步,距离城镇中心较近的部分河流用地被开垦为水田等,而在距城镇中心 2,3 级区域,随着经济的发展,有水库、池塘的修建。水域受距城镇中心距离的影响在逐渐减小。其他用地主要分布在城镇中心 1,2,3 级区域,其他用地面积比例在距城镇中心 1 级区域急剧下降,从 83.95% 下降为 66.20%,在 2,3

级区域的面积比例呈增加趋势,分别从 12.54%, 3.28% 增加到 26.21%, 6.39%。可以看出,距城镇中心距离对旱地及水田分布的影响始终很大,距城镇中心越近,耕作越加方便,为减少耕作成本,旱地和水田一般集中分布在建设用地周围。园地面积在距城镇中心距离 1 级区域减少的原因为距城镇中心越近的区域,土地升值较快,土地开发利用价值较高,被建设用地占用的几率较大,因此园地的面积减少较多。1979—2015 年,研究区的耕地面积有较大幅度的增长,但在距城镇中心距离近的区域,其土地利用效率本身较高,土地强度较大,没有多余的土地用于林地的种植,因此林地增加的部分集中在距城镇中心 2 级

区域处,同时,与其他林地集中连片,便于林地的集中管理,美化生态环境,距城镇中心距离对于林地分布的限制差异不明显。草地在距城镇中心较近的地方呈减少趋势,说明随着经济的发展,城市中建设用地占用的土地越来越多,而草地被占用的几率也在逐渐变大,为了兼顾经济发展和生态环境的平衡,其面积比例在距城镇中心 2,3 级区域有所增加。随着社会经济的发展,距城镇中心距离近的区域土地利用价值不断升高,其他用地被建设用地占用,被开垦为耕地、草地等几率大大增加,同样也大大提高了土地利用效率。其他用地受距城镇中心距离的影响在逐渐减小。

表 4 不同距城镇中心距离分级区域土地利用类型分布特征

年份	土地利用类型所占面积比例/%	与城镇中心距离等级/km						
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级	7 级
1979	旱地	97.71	2.21	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
	水田	85.96	12.57	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00
	园地	99.90	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	林地	50.31	29.56	13.48	5.24	1.00	0.30	0.11
	草地	64.78	29.46	3.09	0.90	1.45	0.32	0.00
	建设用地	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	水域	65.30	22.63	10.39	1.69	0.00	0.00	0.00
	其他用地	83.95	12.54	3.28	0.14	0.09	0.00	0.00
2015	旱地	96.81	2.96	0.14	0.05	0.03	0.00	0.00
	水田	88.48	10.88	0.55	0.00	0.09	0.00	0.00
	园地	85.09	14.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	林地	49.25	34.49	12.19	3.00	0.75	0.26	0.06
	草地	60.40	34.22	4.97	0.00	0.21	0.20	0.00
	建设用地	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	水域	59.92	25.14	12.38	2.55	0.01	0.00	0.00
	其他用地	66.20	26.21	6.39	1.20	0.00	0.00	0.00

3.4 基于土地利用强度因素的土地利用格局变化

将土地利用强度分级结果与 1979 和 2015 年土地利用现状进行叠加处理,得到不同土地利用类型在不同土地利用强度分级上的数量分布结果(表 5)。旱地和水田主要分布在土地利用强度较大的区域,主要分布在土地利用强度 4 和 5 级区域,并且,旱地在土地利用强度 5 级区域的面积比例呈增加趋势,从 1979 年的 73.07% 增加到 2015 年的 80.19%,土地利用强度间接的反应了人类活动,旱地和水田在人类活动大的区域分布大,符合客观事实规律。园地主要分布在土地利用强度 5 级区域,园地在土地利用强度 1 级区域的面积比例呈增加趋势,从 71.86% 增加到 85.09%。林地主要分布在土地利用强度 3,4 级区域,且林地面积比例在土地利用强度 3 级区域略有减少,从 67.22% 减少到 65.69%;林地面积比例在土地

利用强度 4 级区域略有增加,从 23.16% 增加到 27.45%,林地主要分布土地利用强度均匀的区域。草地分布相对来说较均匀,主要分布在土地利用强度 3,4 级区域,人类活动的频繁度对草地分布的影响较小。建设用地绝大部分分布在土地利用强度较大的 5 级区域,且建设用地面积比例在土地利用强度 5 级区域呈增加趋势,从 72.90% 增加到 83.86%。水域用地分布较均匀,受土地利用强度的影响较小,其面积比例在土地利用强度 1,4 级上呈增加趋势。其他用地的分布在土地利用强度较大的区域呈减少趋势,在土地利用强度较小的区域呈增加的趋势。其他用地面积比例在土地利用强度 1,2 级呈增加趋势,分别从 10.91%, 7.49% 增加到 33.94%, 15.90%;在土地利用强度 3,4,5 级呈减少趋势,分别从 17.79%, 30.94%, 32.87% 减少为 11.04%, 21.93%, 17.18%。

土地利用强度可以测度人类活动对土地利用格局的干扰程度,旱地及建设用地等本是人类活动最频繁的区域,因此,旱地及建设用地主要分布在土地利用强度最高的区域,即人类活动最频繁的区域。而林地受人类

的干扰次之,林地主要集中分布在研究区东部及中部地带,其受人类活动的干扰程度居中。草地、水域及其他用地的分布不均匀,在城镇周围及边缘均有分布,人类活动频繁与不频繁的区域,对其分布的影响不大。

表 5 不同土地利用强度分级区域土地利用类型分布特征

年份	土地利用类型所占面积比例/%	土地利用强度分级				
		1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
1979	旱地	0.01	0.19	4.64	22.09	73.07
	水田	0.00	3.62	24.29	41.48	30.61
	园地	0.00	0.00	0.10	28.04	71.86
	林地	0.07	1.01	67.56	23.16	8.21
	草地	3.99	22.64	31.23	30.48	11.66
	建设用地	0.02	0.55	5.84	20.68	72.90
	水域	17.74	24.71	17.48	23.93	16.15
	其他用地	10.91	7.49	17.79	30.94	32.87
	2015	旱地	0.01	0.42	3.55	15.83
水田		0.00	1.14	9.05	46.42	43.39
园地		0.00	0.00	14.91	0.00	85.09
林地		0.15	0.62	65.69	27.45	6.09
草地		14.43	11.68	24.81	32.89	16.19
建设用地		0.02	0.56	2.61	12.94	83.86
水域		31.03	9.57	16.33	28.54	14.53
其他用地		33.94	15.90	11.04	21.93	17.18

4 讨论与结论

(1) 引入土地利用动态度、土地开发强度、土地利用多样性滞后值的空间自相关因子,构建 AutoLogistic 回归模型,在分析区域土地利用格局变化时比传统 Logistic 模型更为适用和可靠。

(2) 研究区土地利用格局受自然和人文因素的共同影响,土地利用格局变化空间影响因子主要为高程、地貌类型、pH 值、土壤有机质、土壤肥力、距城镇中心距离、距水域距离、距道路距离、区位指数、集中化程度、土地利用多样性和土地利用强度。

(3) 1979—2015 年,水田、水域、草地的分布受高程的限制性最大,旱地、园地、建设用地、其他用地分布受高程的限制性次之,林地的分布受高程的限制性最小。旱地、水田、园地、建设用地的分布受土壤有机质的限制最大,草地和水域的分布受土壤有机质的限制次之,林地的分布受土壤有机质的限制最小。旱地、园地、建设用地的分布受距城镇中心距离的限制性最大,水田、草地、水域、其他用地的分布受距城镇中心距离的限制性次之,林地的分布受距城镇中心距离的限制性最小。旱地、园地、建设用地的分布受土地利用强度的限制性最大,水田和林地的分布受土地

利用强度的限制性次之,草地的分布受土地利用强度的限制性较小,水域和其他用地的分布受土地利用强度的限制性最小。

国内外已有大量研究表明,关于识别土地利用格局变化主要影响因子,分析土地利用格局变化特征的相关研究大多数集中在基于时间序列的土地利用格局影响因子分析,影响因子的地理区位及空间分异同样对土地利用格局变化起着不可忽视的作用,而考虑影响因子的空间分异特征研究土地利用格局变化的问题不多见。基于传统的 Logistic 模型忽视了影响因子的空间自相关性对土地利用格局的影响,本研究引入空间自相关因子,构建 AutoLogistic 空间回归模型在解释土地利用格局与影响因子之间关系时更加可靠。本研究共选取 29 个指标,除提取出的关键性影响因子外,其余因子如黑土退化速率、土壤污染率、土壤酸化程度等对土地利用格局的影响不容忽视,且在指标的选取时,耕作制度、农户的耕作方式也是影响土地利用格局的重要因素,在空间自相关因子的选取方面,其他因子的空间自相关性同样不容忽视,如何构建更加全面的土地利用格局影响因子体系,从时间及空间角度更深入的探讨土地利用格局变化机理问题是下一步的研究重点与方向。

(下转第 333 页)

56 h,而对照流动沙丘分别为 7,10,25,44 h。说明随着降雨量增加,流动沙丘有利水分向深层下渗,并使其保持较高的水分含量。

[参 考 文 献]

- [1] Chen C F, Son N T, Chang L Y, et al. Monitoring of soil moisture variability in relation to rice cropping systems in the Vietnamese Mekong Delta using MODIS data[J]. *Applied Geography*, 2011,31(2):463-475.
- [2] 刘新平,赵哈林,何玉惠,等. 生长季流动沙地水量平衡研究[J]. *中国沙漠*,2009,29(4):663-667.
- [3] 王新平,张志山,张景光. 荒漠植被影响土壤水文过程研究述评[J]. *中国沙漠*,2005,25(2):196-202.
- [4] 杨维西. 试论我国北方地区人工植被的土壤干化问题[J]. *林业科学*,1996,32(1):78-85.
- [5] 冯起,程国栋. 我国沙地水分分布状况及其意义[J]. *土壤学报*,1999,36(5):225-236.
- [6] Tate R. L. The challenge of modeling soil water [J]. *Soil Science*, 1997,162(8):533.
- [7] Liu Xinping, He Yuhui, Zhao Xueyong, et al. Characteristics of deep drainage and soil water in the mobile sandy lands of Inner Mongolia, Northern China [J]. *Journal Arid Land*, 2015,7(2):238-250.
- [8] Reynolds J F, Kemp P R, Ogle K, et al. Modifying the 'pulse-reserve' paradigm for deserts of North America;

Precipitation pulses, soil water, and plant responses [J]. *Oecologia*, 2004, 141(2):194-210.

- [9] Sala O E, Lauenroth W K, Parton W J. Long-term soil water dynamics in the shortgrass steppe[J]. *Ecology*, 1992,73(4):1175-1181.
- [10] Wilson D J, Western A W, Grayson R B. Identifying and quantifying sources of variability in temporal and spatial soil moisture observations[J]. *Water Resources Research*, 2004, 40(2):191-201.
- [11] 原鹏飞,丁国栋,王炜炜,等. 毛乌素沙地降雨入渗和蒸发特征[J]. *中国水土保持科学*,2008,6(4):23-27.
- [12] 冯伟,杨文斌,党宏忠,等. 毛乌素沙地流动沙丘土壤水分对降雨的响应[J]. *中国沙漠*,2015,35(2):400-406.
- [13] 赵兴梁. 沙坡头地区植物固沙问题的探讨[C]// 流沙治理研究(二). 宁夏 银川:宁夏人民出版社,1991.
- [14] 刘新平,张铜会,赵哈林,等. 流动沙丘降雨入渗和再分配过程[J]. *水利学报*,2006,37(2):166-171.
- [15] 张继义,赵哈林,崔建垣,等. 科尔沁沙地樟子松固沙林土壤水分动态的研究[J]. *林业科学*,2005,41(3):1-6.
- [16] 段民福,廖超英,孙长忠,等. 毛乌素沙地樟子松固沙林土壤物理性质的时空变异规律[J]. *西北农业学报*, 2012,21(3):188-192.
- [17] 孙海红,刘广,韩辉,等. 章古台地区樟子松固沙林土壤水分物理性质的研究[J]. *防护林科技*,2003,58(1):15-17.

(上接第 327 页)

[参 考 文 献]

- [1] 宋戈,王盼盼,王越,等. 黑龙江省巴彦县土地利用类型变化特征及其空间格局分异[J]. *经济地理*, 2015, 35(3):163-170.
- [2] 杨丽,谢高地,甄霖,等. 泾河流域土地利用格局的时空变化分析[J]. *资源科学*,2005,27(4):26-32.
- [3] 阳柏苏,何平,赵同谦. 张家界国家森林公园土地利用格局变化[J]. *生态学报*,2006,26(6):2027-2034.
- [4] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. *地理学报*,2009, 64(12):1411-1420.
- [5] 刘彦随,彭留英,王大伟. 东南沿海地区土地利用转换态势与机制分析[J]. *自然资源学报*,2005,20(3):333-339.
- [6] 刘吉平,赵丹丹,田学智,等. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力[J]. *生态学报*, 2014,34(12):3234-3244.
- [7] 刘世梁,崔保山,杨志峰,等. 道路网络对澜沧江流域典型区土地利用变化的驱动分析[J]. *环境科学学报*, 2006,26(1):162-167.
- [8] 王学志,张正祥,盛连喜,等. 基于地貌特征的东北土地

利用格局[J]. *生态学杂志*,2010,29(12):2444-2451.

- [9] 龚文峰,孔达,范文义,等. 松花江流域哈尔滨段土地利用时空格局演变特征分析[J]. *农业工程学报*,2009, 25(8):249-255.
- [10] 杨鹏,陆宏芳,陈飞鹏,等. 1995 至 2004 年广州土地利用格局变化与驱动分析[J]. *生态环境*,2008, 17(3):1262-1267.
- [11] 朱恒峰,赵文武,康慕谊,等. 延河流域土地利用格局时空变化与驱动因子分析[J]. *干旱区资源与环境*,2008, 22(8):17-22.
- [12] 张荣天,焦华富. 长江经济带城市土地利用效率格局演变及驱动机制研究[J]. *长江流域资源与环境*,2015, 24(3):387-394.
- [13] 吴大放,刘艳艳,王朝晖. 基于 Logistic-CA 的珠海市耕地变化机理分析[J]. *经济地理*,2014, 34(1):140-147.
- [14] 任国平,刘黎明,付永虎,等. 都市郊区乡村聚落景观格局特征及影响因素分析[J]. *农业工程学报*,2016, 32(2):220-229.
- [15] 曹祺文,吴健生,仝德,等. 基于空间自相关的区域农地变化驱动力研究:以珠三角地区为例[J]. *资源科学*, 2016,38(4):714-727.