吉林省 1990—2018 年土地利用空间分布及其变化

刘志川[1], 王建国[1,2], 梁书维[1], 王雨婷[1]

(1. 吉林大学 地球科学学院, 吉林 长春 130021; 2. 吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

摘　要: [目的] 对吉林省土地利用空间分异变化特征及其驱动因素进行分析,为省域土地利用的可持续发展及其生态环境建设提供科学依据。[方法] 以吉林省 1990 年和 2018 年两期土地利用数据为基础,计算土地利用的区位指数、多样化指数、信息熵与均衡度,结合莫兰指数进行空间自相关的探索,综合分析吉林省土地利用空间分异特征。[结果] ①吉林省 1990—2018 年土地利用保持以林地和耕地双优势为主的特征;西部和中部耕地双优势相对增加,西部林草用地双优势增强、水域双优势消失,中部长春市区呈现耕地双优势的发展趋势。②土地利用多样化指数、信息熵与均衡度指数保持西高东低的特征,除长春主城区提高外,其他地区均呈现总体下降的态势。多样化指数及信息熵均呈正的全局自相关,二者的高—高聚集区在吉林省西部地区,聚集面积均有所收缩;低—低的聚集区在东部地区,两期数据相比略有波动,总体基本稳定。③自然环境因素(气温、降水)对土地利用空间分异的影响相对显著。[结论] 吉林省的土地利用变化有着明显的空间分异特征,自然环境因素社会经济因素是其主要驱动因素。

关键词: 土地利用; 空间分异; 计量地理模型; 空间聚集特; 吉林省

文献标识码: A　　**文章编号**: 1000-288X(2020)06-0288-09　　**中图分类号**: F301.24

文献参数: 刘志川, 王建国, 梁书维, 等. 吉林省 1990—2018 年土地利用空间分布及其变化[J]. 水土保持通报, 2020, 40(6): 288-296. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.20201204.001; Liu Zhichuan, Wang Jianguo, Liang Shuwei, et al. Characteristics of distribution and variation of land use in Jilin Province during 1990—2018 [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(6): 288-296.

Characteristics of Distribution and Variation of Land Use in Jilin Province During 1990—2018

Liu Zhichuan[1], Wang Jianguo[1,2], Liang Shuwei[1], Wang Yuting[1]

(1. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun, Jilin* 130021, *China*;
2. *College of Earth Exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun, Jilin* 130026, *China*)

Abstract: [Objective] The characteristics and driving factors of spatial variation of land use in Jilin Province were analyzed in order to provide scientific basis for sustainable development of land use and ecological environment construction. [Methods] Based on the land use data of Jilin Province in 1990 and 2018, the location index, diversification index, information entropy and equilibrium degree of land use were calculated. Combined with Moran index, the spatial auto-correlation was explored to analyze the land use spatial differentiation characteristics in Jilin Province. [Results] ① From 1990 to 2018, the characteristics of land use in Jilin Province generally maintained a double dominance of forest and cultivated land, the double dominance of cultivated land in the west and the central part were relatively increased, the double dominance of water area were disappeared, and the double dominance of cultivated land in Changchun City in the central part was developed. ② The land use diversification index, information entropy and equilibrium index of Jilin Province kept high in the west and low in the east, but those three indexes showed an overall trend of decline in other areas, except for the main urban area of Changchun City. Both the diversity index and the information entropy had positive global

收稿日期: 2020-07-14　　**修回日期**: 2020-09-17

资助项目: 国土资源部城市土地资源监测与仿真重点实验室开放基金项目"结合领域知识的遥感影像变化智能监测流程设计与应用研究"(KF2018-03-020); 吉林省教育厅"十三五"科学技术项目(JJKH20180164K)

第一作者: 刘志川(1995—),男(汉族),吉林省松原市人,硕士研究生,研究方向为土地资源评价。Email: 18844861601@163.com。

通讯作者: 王建国(1976—),男(汉族),吉林省长春市人,博士,副教授,主要从事国土资源评价与遥感技术应用研究。Email: wang_jg@jlu.edu.cn。

auto-correlation. The high-high pattern aggregation area was in the western region of Jilin Province, and the aggregation area was shrinking. The aggregation area of low-low pattern was generally stable. ③ Natural environmental factors (temperature, precipitation) had a relatively significant impact on the spatial differentiation of land use. [Conclusion] The land use change in Jilin Province has obvious spatial differentiation characteristics, and natural environmental and social and economic factors are the main driving factors.

Keywords: land use; spatial variation; geometric model; spatial aggregation characteristics; Jilin Province

土地是综合了人类活动成果的自然—经济综合体,土地利用结构是人类土地利用活动与土地自然特点及其所处的社会经济条件长期共同作用的结果[1],是了解土地利用是否与需求相吻合,是否与土地的自然现状相适应的重要方式[2],其现状反映了区域内经济水平、生态水平及人类社会发展的程度[3]。土地利用空间分异的变化是阐明地区土地利用结构的重要依据,也是揭示区域发展规律的重要方式[4]。20 世纪末以来,我国土地利用研究工作的一个重要特点是重视土地利用变化对生态环境状况及全球变化的影响。在研究初期应用土地利用变化度、年变化率等指标揭示土地利用的动态变化[5],但是研究内容比较单一,后来又增加了土地利用变化幅度、程度、变化转移矩阵等来揭示土地利用和经济发展的协调关系[6]。随着研究的不断深入,多样化指数、优势度指数、均匀度指数和信息熵等景观结构指数被应用于土地利用空间分异变化研究中,并结合 GIS 空间分析技术对不同空间尺度的土地利用结构进行数量结构、空间格局状况等方面的分析[7-8],但研究区域大多以市县为主,缺少对于省域的空间分异特征研究。随着可持续发展理念的深入,经济发展的模式和人类生活方式的改变[9],众多学者通过构建评价指标、运用多元统计方法及数学模型对土地利用空间分异变化的驱动因素及影响进行探讨,土地利用变化也在多项研究中呈现出区域性特征[10-13],但由于研究区域多为市县级,区域特征的呈现不够明显。为此,本研究以吉林省为研究区,将计量地理模型统计结果与空间地理位置变化紧密结合,综合分析土地利用空间分异变化并分区剖析其影响因素,为省域的土地利用的可持续发展及其生态环境建设提供科学依据。

1　研究区概况

吉林省地处中国东北中部,位于 121°38′—131°19′E,40°50′—46°19′N,土地面积 1.87×10^5 km^2,下辖长春(省会)、吉林、四平、松原、白城、辽源、通化、白山 8 个地区级城市和延边朝鲜族自治州,另直管梅河口、公主岭 2 个县级市。吉林省地貌形态差异明显,地势由东南向西北倾斜,呈现明显的东南高、西北低的特征。以中部大黑山为界,可分为东部山地和中西部平原两大地貌区。东部山地分为长白山中山低山区和低山丘陵区,中西部平原分为吉林中部台地平原区和吉林西部草甸、湖泊、湿地、沙地区,据此将研究区划分为西部、中部和东部 3 个地区。

2　数据来源与研究方法

2.1　数据来源

以 1990 年吉林省土地利用现状调查数据及吉林省 2018 年度土地变更调查数据作为数据源,因为两期数据地类分类标准发生变化,根据研究需要,以 1990 年数据地类为基准,将 2018 年数据进行整合,划分为耕地、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、未利用地共计 8 种土地利用现状类型进行研究。1990—2018 年,吉林省内所辖部分行政区的范围、名称和部分县市的归属发生了变化。为了确保研究区域的一致性及两期研究数据的可比性,本文以 1990 年第 1 次吉林省土地调查、1990 年吉林省行政区划图和 1991 年《吉林省社会经济统计年鉴》中的吉林省行政区为基础,以市区和县(县级市)为研究单位,确定评价单元共 49 个,市区包括长春、吉林、四平、辽源、通化、白山、松原、白城、延边共 9 个,县(县级市)共 40 个。其中,临江县 1990 年由通化管辖,1993 年由国务院批准撤县设为临江市,由地级市白山市代管。

2.2　研究方法

基于已有的土地利用数据,计算多样化指数、土地区位指数、信息熵、均衡度,分析其空间分布特征,使用莫兰指数进行空间自相关的探索,探究各项指数的空间集聚情况,并分析土地利用空间分异变化的驱动因素[14]。

2.2.1　*土地利用面积比例与区位指数*　土地利用面积比例是指区域内的某类用地面积占该区域面积的百分比[15]。计算公式为:

$$K_{ij}=\frac{a_{ij}}{S_i}\times100\% \tag{1}$$

式中:K_{ij} 为 i 区域 j 类用地的面积比;a_{ij} 为 i 区域 j 类用地的面积;S_i 为 i 区域总面积。

该式可以计算出区域内何种土地利用在该范围

内存在面积优势。区域内 K_{ij} 最大的土地利用类型即为优势地类。

土地利用区位指数反映某区域相对与其上一级区域各地类的相对集聚程度。计算公式为：

$$Q_i=\frac{(f_i/\sum f_i)}{(F_i/\sum F_i)} \tag{2}$$

式中：Q_i 为某土地类型的区位指数；f_i 为某一区域内第 i 种土地类型的面积；F_i 为其上一级区域内第 i 种土地类型的面积。如果区域指数 $Q_i>1$，则该土地类型具有区位意义，否则不具有区位意义[16]。

当土地利用面积比例和区位指数均占优势的时候，认定该种地类为此区域的双优势地类。双优势地类即为区域内当前最重要的用地类型。

2.2.2 多样化指数 土地利用结构的多样性反映区域内各用地类型的齐全程度或多样化状态，应用吉布斯—马丁(Gibbs-Martin)多样化指数定量表达。计算公式为[17]：

$$G=1-\frac{\sum_i^n L_i^2}{(\sum_i^n L_i)^2} \tag{3}$$

式中：G 为多样化指数；L_i 为某一区域第 i 种土地利用类型的面积与该区域总面积之比；n 为土地利用类型的数量。多样化指数的值在 0～1 之间；G 值趋于 0，说明该区土地利用类型越少或者某用地类型面积比例过大；G 值趋近于 1，表明土地利用类型多样化程度高[16,18]。

2.2.3 信息熵、均衡度 土地利用信息熵反映土地利用结构均衡度，熵值越大，表明土地利用的职能类越多，各职能类的面积相差越小。计算公式为[19-23]：

假定一个城市的用地面积为 A，根据功能可将其分为 n 个职能类型，若各职能类的面积分别为 A_1，A_2，…，A_n，则 $A=A_1+A_2+\cdots+A_n=\sum A_i$，($i=1,2,\cdots,n$)，定义“概率”为

$$P_i=A_i/A=A_i/\sum_{i=1}^n A_i \tag{4}$$

显然所有 P_i 之和等于 1，于是得城市土地利用结构的信息熵公式，即

$$H=-\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S}\ln P_i \tag{5}$$

式中：S 为某区域土地总面积；S_i 为某一用地类型的面积；H 为该区域土地利用信息熵。当各种土地利用类型面积相等时，则：

$$H_{\max}=\ln(n) \tag{6}$$

基于土地利用信息熵，可以构建土地利用均衡度公式[9,24]，即

$$J=H/H_{\max}=\sum_{i=1}^n P_i\ln P_i/\ln(n) \tag{7}$$

式中：J 表示均衡度，是实际信息熵与最大信息熵之比，J 值越大，表明土地利用的均质性越强。

2.2.4 莫兰指数 地理数据接受空间相互作用与空间相邻扩散的综合影响，彼此之间相互关联，莫兰指数可以将这一关联性很好表达，Moran’s I 指数表达式为[14]：

$$I=\frac{\sum_{i=1}^n\sum_{j=1}^n W_{ij}(x_i-\bar{x})}{S^2 S_0} \tag{8}$$

式中：x_i 为变量$\{x_i\}$在位置或区域 i 的值；$\bar{x}$ 为变量的均值；S^2 为变量的方差；S_0 是所有变量的空间权重之和；W_{ij} 为空间权重矩阵中 W 中的元素。

局部空间自相关则是根据空间位置的不同来观察空间关系的不同，因此可以有效衡量观测地点与周围区域的空间相互关联程度。Local Moran’s I_i 计算公式为：

$$I_i=z_j\sum_{j\neq 1}^n w_{ij}z_j \tag{9}$$

式中：Z_i，Z_j 为属性值的标准化形式；w_{ij} 为要素 i 与 j 之间的空间权重。

3 结果与分析

以 1990 和 2018 年土地利用数据为基础，利用土地利用面积比例、区位指数来反映双优势类型(表 1)，采用多样化指数、信息熵、均衡度反映土地利用空间分布特征。得出吉林省土地利用多样化指数、信息熵、均衡度指数(表 2)。

3.1 土地利用时空分布特征

3.1.1 双优势地类分布及变化 将区域内的主要地类和具有区位意义的地类进行统计，得到吉林省双优势土地利用分布图(图 1)。吉林省 1990—2018 年总体上保持林地和耕地为双优势地类的用地特征。两期对比可见，吉林省双优势地类西部、东部变化较大，中部整体相对稳定，个别县市变化明显。西部的松原地区耕地双优势出现明显减少，白城地区由原来的多种优势类并存转变为以耕地双优势为主，水域的双优势消失(镇赉县)、未利用地双优势转化为林草双优势(大安市)；东部地区的变化主要体现在白山地区(抚松县与浑江市)林地双优势的增加，通化地区(柳河县与辉南县)耕地双优势的增加，整体上仍以林地双优势为主；中部地区总体表现为耕地和个别地区城镇村及工矿用地双优势增加、减少的特征。其中，磐石市与东辽县由无优势地类转变为耕地双优势，东丰县双优势由林地转为耕地，辽源市区城镇村及工矿用地双优势消失，长春市城镇村及工矿用地的双优势显现。

表 1　吉林省土地利用结构与区位指数和双优势类型

地区	市(区、县)名	1990 年			2018 年		
		双优	K_{ij}	Q_i	双优	K_{ij}	Q_i
长春	长春市区	无	54.04$_{*耕}$	2.91$_{*城}$	城	35.82	3.36
	九台市	无	59.21$_{*耕}$	1.94$_{*林}$	无	65.36$_{*耕}$	2.52$_{*林}$
	榆树市	耕	68.59	1.04	耕	80.87	1.32
	农安县	耕	68.15	1.03	耕	72.36	1.19
	德惠市	耕	73.75	1.12	耕	79.51	1.3
	双阳县	无	57.76$_{*耕}$	2.50$_{*园}$	无	66.24$_{*耕}$	1.96$_{*林}$
吉林	吉林市区	耕	30.61	1.23	耕	40.85	1.38
	桦甸市	林	75.03	1.24	林	67.63	1.36
	蛟河市	林	71.32	1.17	林	68.42	1.38
	永吉县	耕	35.80	1.44	耕	42.01	1.42
	舒兰市	耕	30.22	1.21	耕	36.99	1.27
	磐石市	无	53.74$_{*林}$	2.56$_{*园}$	耕	44.89	1.5
四平	四平市区	林	26.51	1.37	林	30.49	2.18
	公主岭市	耕	70.62	1.24	耕	77.21	1.31
	梨树县	耕	57.91	1.01	耕	71.5	1.22
	伊通县	林	32.45	1.68	无	60.57$_{*耕}$	1.72$_{*林}$
	双辽市	林	23.29	1.20	无	60.84$_{*耕}$	3.81$_{*未}$
辽源	辽源市区	城	43.53	3.86	无	39.54$_{*耕}$	2.55$_{*城}$
	东丰县	耕/林	46.76/39.29	1.04/1.05	耕	52.11	1.2
	东辽县	耕	46.66	1.00	林	39.1	1.21
通化	通化市区	林	73.99	1.10	林	75.93	1.33
	梅河口市	耕	46.04	2.32	耕	56.77	2.33
	集安市	林	81.13	1.21	林	86.19	1.49
	通化县	林	76.32	1.13	林	80.92	1.41
	辉南县	无	61.85$_{*林}$	7.00$_{*草}$	耕	37.59	1.59
	柳河县	无	66.37$_{*林}$	1.88$_{*未}$	耕	36.66	1.56
白山	临江市	—	—	—	林	88.19	1.18
	白山市区	无	81.75$_{*林}$	1.45$_{*城}$	无	79.46$_{*林}$	2.96$_{*城}$
	抚松县	无	88.12$_{*林}$	1.25$_{*未}$	林	88.52	1.19
	靖宇县	无	85.14$_{*林}$	1.11$_{*耕}$,1.11$_{*园}$	无	84.49$_{*林}$	1.44$_{*耕}$
	长白县	林	89.09$_{*林}$	1.04	林	90.8	1.21
松原	松原市区	—	—	—	耕	1.09	1.24
	扶余市	耕	64.66	1.64	耕	73.61	1.4
	长岭县	耕	44.88	1.15	无	58.56$_{*耕}$	1.72$_{*未}$
	前郭县	耕	43.91	1.12	无	53.56$_{*耕}$	2.18$_{*园}$
	乾安县	耕	40.96	1.05	无	52.19$_{*耕}$	2.12$_{*未}$
白城	白城市区	耕	52.05	1.34	耕	66.88	1.62
	洮南市	草	29.03	1.12	耕	56.91	1.4
	大安市	未	33.03	2.79	草/未	21.26/25.67	1.37/1.61
	镇赉县	水/未	20.39/19.38	2.24/1.64	无	39.70$_{*耕}$	2.83$_{*水}$
	通榆县	林/草	18.41/25.46	1.43/1.24	耕	46.97	1.53
延边	延吉市	无	65.54$_{*林}$	4.46$_{*城}$	无	81.02$_{*林}$	2.99$_{*园}$
	图们市	无	73.98$_{*林}$	2.79$_{*水}$	无	75.26$_{*林}$	2.19$_{*草}$
	敦化市	无	79.93$_{*林}$	1.63$_{*草}$	无	79.58$_{*林}$	1.40$_{*耕}$
	龙井市	无	68.90$_{*林}$	4.40$_{*园}$	无	73.58$_{*林}$	4.09$_{*园}$
	珲春市	林	84.61	1.02	林	86.16	1.19
	和龙市	林	85.43	1.03	林	88.67	1.22
	汪清县	林	88.01	1.06	林	89.05	1.23
	安图县	林	87.07	1.05	林	87.59	1.21

注:* 为无双优势地类县区的对应项最高值;K_{ij} 为 i 区域 j 类用地的面积比;Q_i 为 i 类用地的区位指数。

表 2 吉林省土地利用多样化指数、信息熵、均衡度指数

地区	市(区、县)名	多样化指数		信息熵		均衡度	
		1990 年	2018 年	1990 年	2018 年	1990 年	2018 年
长春	长春市区	0.63	0.74	1.30	1.39	0.62	0.72
	九台市	0.60	0.49	1.26	1.06	0.61	0.57
	榆树市	0.51	0.42	1.15	0.81	0.55	0.41
	农安县	0.52	0.45	1.19	1.11	0.57	0.55
	德惠县	0.44	0.38	1.00	0.77	0.48	0.43
	双阳县	0.61	0.54	1.26	0.99	0.60	0.56
吉林	吉林市区	0.78	0.69	1.61	1.42	0.78	0.67
	桦甸市	0.41	0.39	0.82	0.97	0.40	0.46
	蛟河市	0.45	0.51	0.92	1.00	0.44	0.47
	永吉县	0.65	0.63	1.29	1.27	0.62	0.60
	舒兰县	0.58	0.59	1.14	1.14	0.55	0.54
	磐石县	0.64	0.61	1.31	1.16	0.63	0.55
四平	四平市区	0.72	0.68	1.48	1.39	0.71	0.66
	公主岭市	0.48	0.42	1.08	0.98	0.52	0.46
	梨树县	0.61	0.49	1.29	1.09	0.62	0.52
	伊通县	0.60	0.58	1.16	1.20	0.56	0.57
	双辽县	0.73	0.61	1.57	1.38	0.75	0.66
辽源	辽源市区	0.70	0.69	1.39	1.38	0.67	0.58
	东丰县	0.62	0.61	1.20	1.21	0.58	0.50
	东辽县	0.64	0.62	1.29	1.22	0.62	0.51
通化	通化市区	0.43	0.43	0.91	0.99	0.44	0.40
	梅河口市	0.65	0.61	1.29	1.25	0.62	0.52
	集安市	0.33	0.28	0.78	0.71	0.38	0.26
	通化县	0.40	0.35	0.88	0.81	0.42	0.31
	辉南县	0.53	0.59	1.03	1.14	0.49	0.47
	柳河县	0.51	0.56	1.04	1.07	0.50	0.44
白山	临江市	—	0.24	—	0.52	—	0.25
	白山市区	0.32	0.35	0.69	0.71	0.33	0.34
	抚松县	0.22	0.24	0.54	0.56	0.26	0.26
	靖宇县	0.27	0.30	0.61	0.61	0.29	0.29
	长白县	0.20	0.20	0.51	0.47	0.24	0.22
松原	松原市区	—	0.58	—	1.22	—	0.58
	扶余市	0.56	0.47	1.24	1.00	0.60	0.48
	长岭县	0.72	0.64	1.51	1.34	0.73	0.64
	前郭县	0.73	0.69	1.54	1.44	0.74	0.69
	乾安县	0.74	0.70	1.56	1.46	0.75	0.70
白城	白城市区	0.66	0.56	1.40	1.22	0.67	0.58
	洮南市	0.74	0.66	1.54	1.40	0.74	0.67
	大安市	0.77	0.81	1.61	1.67	0.77	0.80
	镇赉县	0.82	0.77	1.76	1.60	0.85	0.76
	通榆县	0.78	0.73	1.65	1.47	0.79	0.70
延边	延吉市	0.53	0.47	1.16	0.97	0.56	0.49
	图们市	0.43	0.40	0.97	0.87	0.47	0.44
	敦化市	0.35	0.37	0.78	0.72	0.38	0.37
	龙井市	0.49	0.45	1.04	0.92	0.50	0.47
	珲春市	0.28	0.28	0.67	0.61	0.32	0.32
	和龙县	0.26	0.24	0.59	0.51	0.28	0.27
	汪清县	0.22	0.23	0.51	0.47	0.24	0.25
	安图县	0.24	0.25	0.54	0.54	0.26	0.29

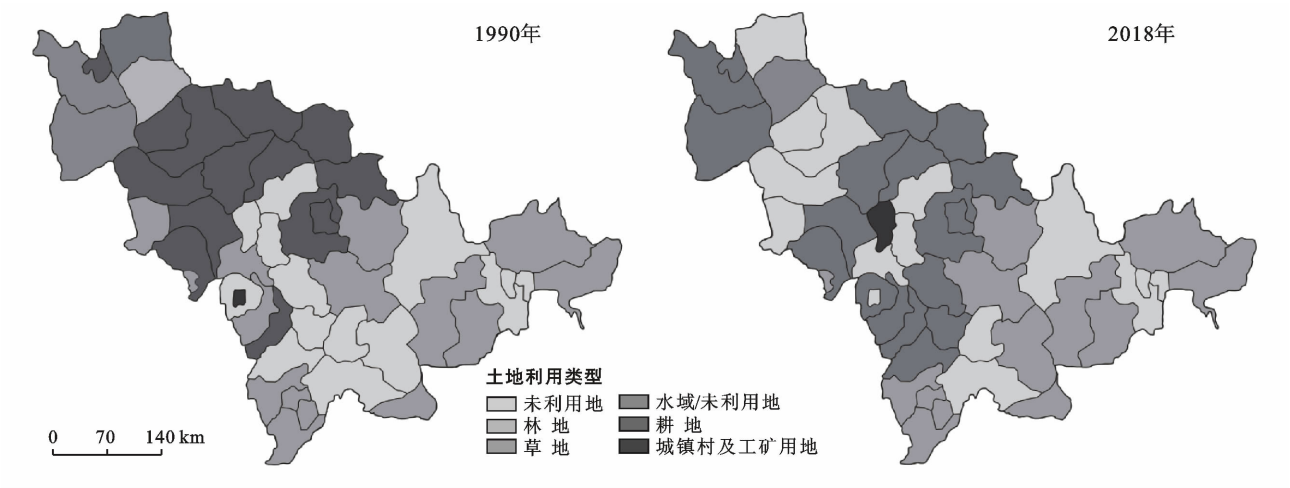


图 1　吉林省土地利用双优势分布

3.1.2　多样化指数　将 1990 和 2018 年的多样化指数全部汇总,并利用自然断点法分成 5 个等级,得到吉林省土地利用多样化指数分布图(图 2)。吉林省 1990—2018 年土地利用多样化指数保持西高东低的特征。其中 1990 年多样化指数的平均值为 0.53,2018 年为 0.47,多样化指数整体上呈现出降低的态势。空间上吉林省西部多样化指数由原来的大范围极高开始逐渐下降至高;除长春城区多样化有所增加以外,吉林省中部多样化指数从原来的高逐渐转为中等程度,吉林省东部地区多样化指数基本维持在原有的低水平。

3.1.3　信息熵与均衡度　将 1990 年和 2018 年的土地利用信息熵指数汇总,并利用自然断点法分成 5 个等级,得到吉林省土地利用信息熵、均衡度分布图(图 3—4)。1990 年和 2018 年吉林省信息熵和均衡度都呈现出西高东低的特征,全省呈现总体下降的趋势。其中,西部信息熵由原来的大范围极高开始逐渐下降至高;除长春城区信息熵有所增加以外,吉林省中部信息熵从原来的高逐渐转为中等程度,吉林省东部地区信息熵基本维持在原有的低水平,但长春城区的信息熵及均衡度由高上升到极高。信息熵和均衡度体现一个地区的土地利用职能类的数量和均质性,长春城区信息熵及均衡度的上升表明长春市的城市化水平有所提高,土地职能趋于均衡。

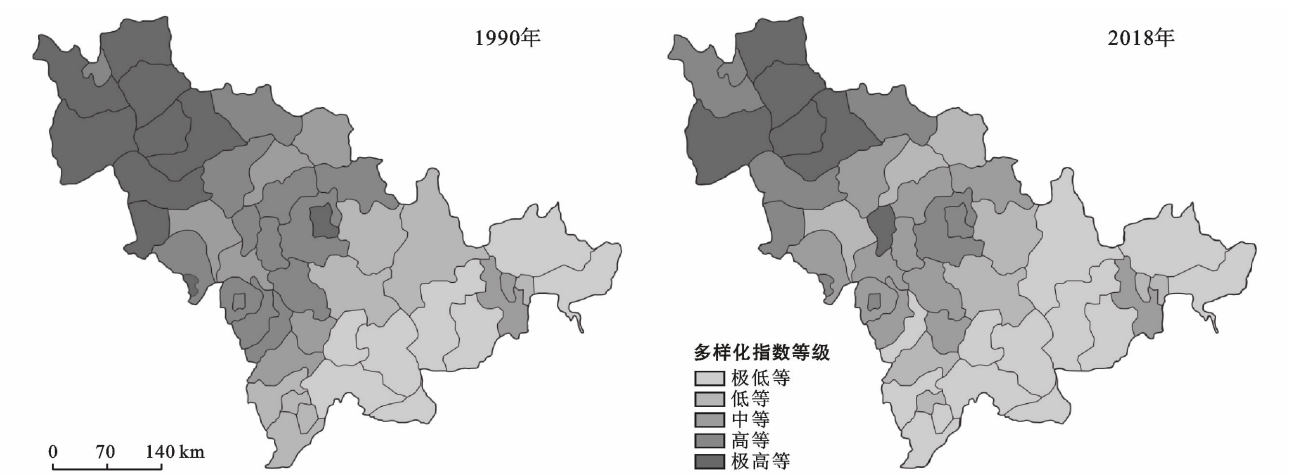


图 2　吉林省土地利用多样化指数分布

3.2　土地利用空间聚集特征

1990—2018 年,吉林省土地利用多样化指数、信息熵、均衡度 3 个指数整体均有所下降,且在不同的区域具有不同的变化程度。这 3 项指数的下降,表明吉林省范围内的土地利用类型在不同区域产生了变化,土地利用职能的多样性在不同区域均有所下降,但土地利用职能类却并没有减少或消亡,结合双优势地类的变化情况,说明在 1990—2018 年,多种土地利用类型并没有均匀分布在全省,而是产生了不同情况的聚集。通过莫兰指数探索吉林省土地利用多样化指数和信息熵的空间集聚特征,并分析土地利用变化的空间分异。地理事物或属性在空间分布上互为相关,存在集聚、随

机、规则分布。采用全局空间自相关探索全省 49 个县市的多样化指数与信息熵在空间上的聚集现象，结果详见表 3。通过分析结果(表 3)发现：①p 值均小于显著性水平 0.05，即置信度大于 95%，数据具有研究性和可信性；②显著性水平 0.05 下的临界值为 1.96，全部 Z 值均大于 1.96，表明全省的土地利用多样化指数与信息熵存在着空间聚集现象；莫兰指数的计算结果均在 0.5 以上，说明多样化指数与均衡度均存在正的空间自相关；为了获得更精确的聚集情况，决定采用 Anselin Local Moran's I 指数进一步计算。

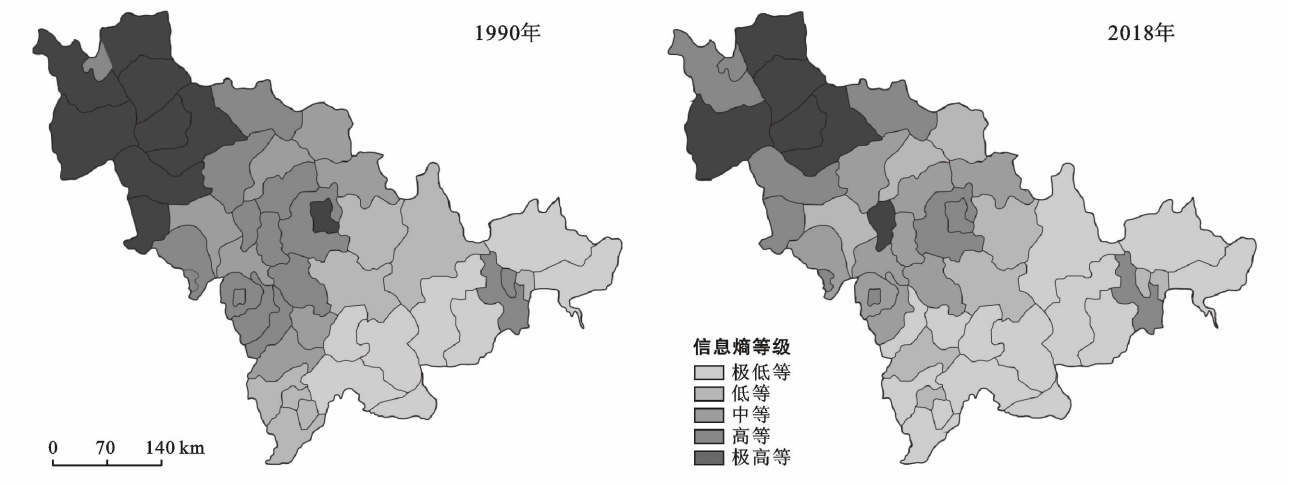


图 3 吉林省土地利用信息熵分布

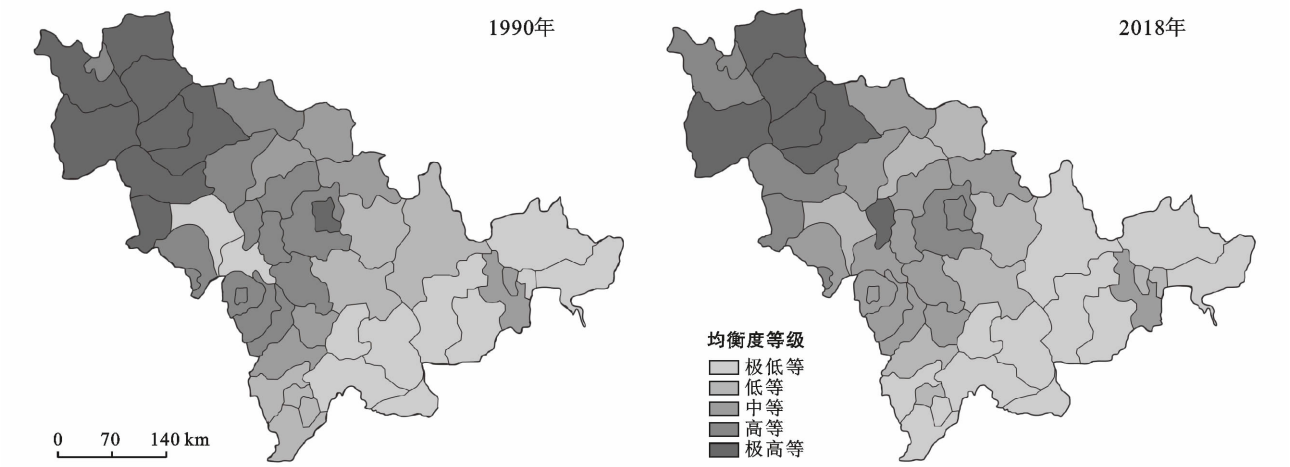


图 4 吉林省土地利用均衡度分布

表 3 吉林省全局莫兰指数分析

项 目	莫兰指数	Z 值	p 值
1990 年多样化指数	0.706 5	7.196 7	<0.05
2018 年多样化指数	0.585 4	6.126 8	<0.05
1990 年信息熵	0.667 0	6.818 2	<0.05
2018 年信息熵	0.591 0	6.072 0	<0.05

根据 Anselin Local Moran's I 指数计算结果(图 5—6)可以将两项指数的空间聚集特征划分为 HH(高—高聚集)区域和 LL(低—低聚集)区域。整体来看多样化指数和均衡度，HH(高—高聚集)聚集区最主要分布在吉林省的西部(白城市和松原市部分地区)，LL 聚集区主要分布在吉林省的东部(延吉市、白山市以及通化市部分地区)。从两期结果来看，1990—2018 年多样化指数以及均衡度的 HH 聚集区和 LL 聚集区均有所变化。两项指数的 HH 聚集区域均有所收缩，松原市部分区域的多样化指数 HH 聚集特征消失；均衡度的 LL 聚集区域略有扩大。结果表明地理位置对于土地利用类型的空间分布及变化有着重要的影响。

4 讨论与结论

4.1 讨 论

4.1.1 *自然因素对空间分异变化的影响* 吉林省从西部到东部，气候、地貌类型具有明显的差异，土地利用类型、土地利用结构与功能等也因此会呈现出中、东、西差异特征[25]。①地形地貌因素。吉林省东部地区包括延边朝鲜族自治州、白山市和通化市。地貌类型以长白山山地为主，地势东北高、西南低，局部有丘

陵和山地分布。区域内分布着长白山、天佛指山等国家级自然保护区,森林生态功能突出;中部地区包括长春市、吉林市、四平市和辽源市,地貌类型以冲击、洪积平原为主;西部地区包括白城市和松原市,该地区处于松嫩平原的西部科尔沁大草原的东部,除西北端为大兴安岭东麓低山丘陵外,绝大部分地区为海拔 200 m 以下的平原。因此,东部地区用地类型以林地为主,28 a 间林地作为东部主要的用地类型面积不断扩大,优势逐渐突出,而中部和西部地区地势相对平坦,以耕地和草地为主要用地类型,28 a 间耕地面积逐渐扩大,成为优势地类。土地利用类型与地形地貌的空间分异规律相吻合,吉林省在 28 a 间信息熵和均衡度都维持较高水平,表明吉林省土地利用的均质性较强,土地利用职能总体平衡;国土空间适宜性及生态用地保护良好,能够因地制宜的进行土地利用,无明显的人类对自然的干扰。②气候因素。气温和降水是造成自然景观和环境差异的重要影响之一,对于农作物的生长也起着至关重要的作用,吉林省气象资料详见表 4。结合表 4 及其他气象资料[26],吉林省西部地区温度整体持续高于其他区域,且降水量明显少于其他地区,东部降水条件最好,中部地区处于中等水平。西部地区长时间降水量少、气候趋向干旱,导致该地区的水域双优势逐渐消失;持续干旱也使得西部地区耕地、草场存在着不同程度的盐碱化和沙化,区域耕地耕作条件和抗灾能力较差,农牧业持续发展受到影响。

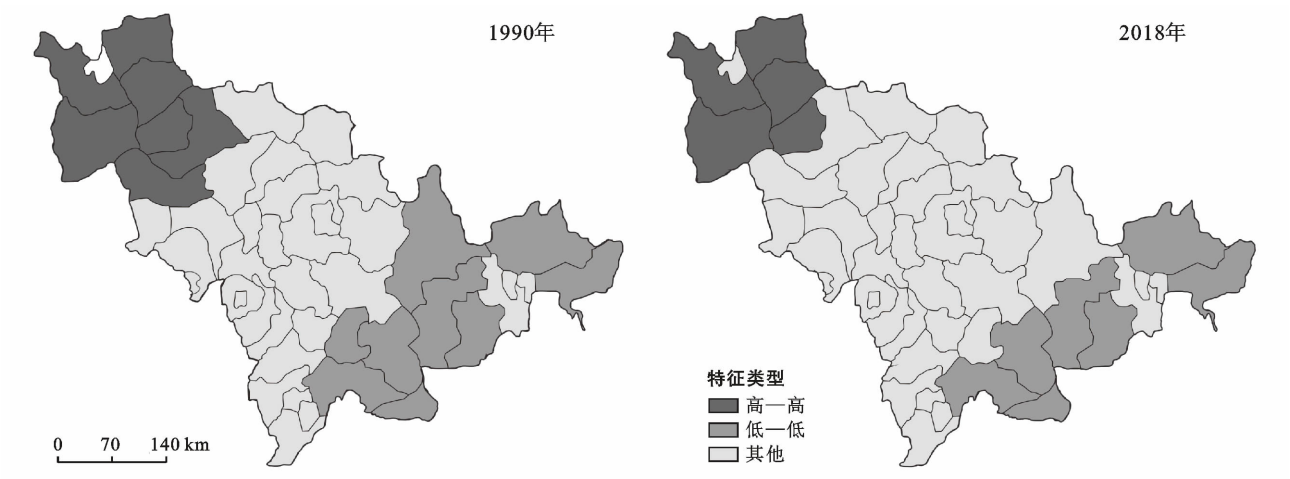


图 5　土地利用多样化指数空间聚集特征变化

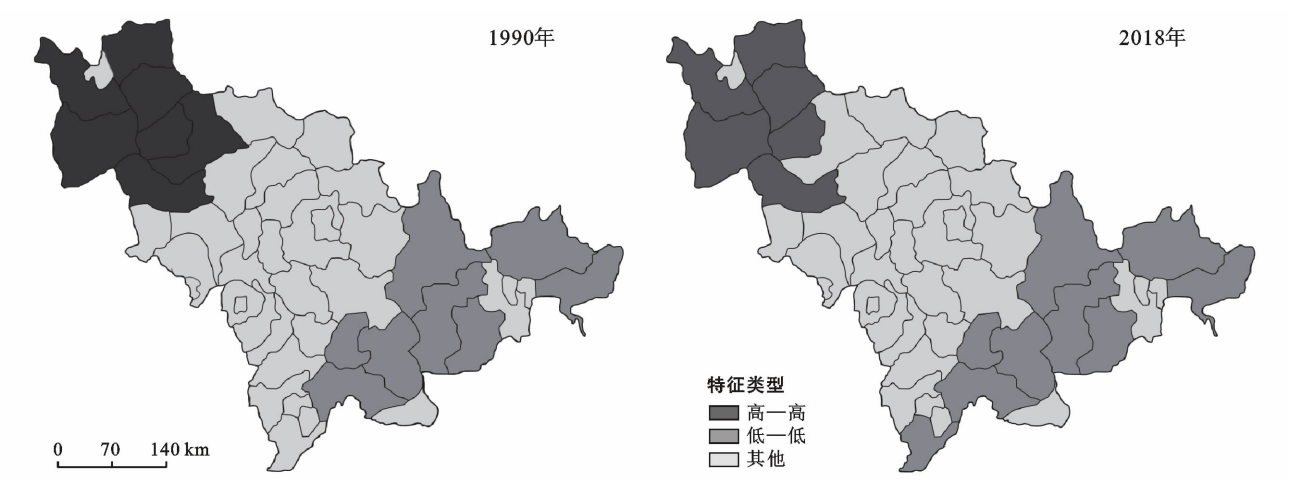


图 6　土地利用均衡度指数空间聚集特征变化

表 4　吉林省 1981—2018 年(5—9 月)气象要素变化

区域	平均气温/℃	平均降水/mm
东部	17.93	559.99
中部	19.55	447.47
西部	19.86	361.46

4.1.2　社会经济因素对空间分异变化的影响　吉林省社会经济发展持续向好。中部地区是吉林省经济隆起地带[27],承担着经济发展的重要责任,长春为吉林省省会城市,城市扩展迅速,城镇居住用地的双优势开始显现;长春地区信息熵及均衡度由高上升到极

高，表明长春在城市化进程中用地多样性更加显著和均衡；辽源地区是以煤炭开采为主的老工业基地，随着资源枯竭，经济转型，城镇村及工矿用地逐渐减少[28]。同时，中部地区是我国的黑土分布区及重要的粮食主产区，多年来一直大力发展农业，肩负着保护粮食安全的重大责任，严格保护基本农田及农地生态环境，耕地的优势得以扩大。西部地区生态环境脆弱，多年来致力于环境治理和生态保护，重点恢复草地，发展农牧业，施行的退耕还草、盐碱地治理、土地绿化等措施，使得生态环境得到改善，土地利用程度提高[29]。未利用地双优势转化为林草双优势，是该区域顺势而为，以生态为导向实施保护的重要成果。东部地区林地资源一直是吉林省的生态屏障，土地利用一直坚持着“在开发中保护，在保护中开发”的原则，在保证经济建设的基础上加强对于生态用地的开发建设，东部地区设立 16 个国家级自然保护区，省、市、县级自然保护区 10 余处，重点实施天然林保护工程，有效的发挥了防止水土流失及涵养水源（东部长白山区是松花江的源头）的重要作用，因此在 28 a 间林地一直保持着绝对的优势。

4.2 结 论

（1）吉林省 1990—2018 年土地利用总体上保持以林地和耕地双优势为主的特征，但双优势地类总体减少、西部和中部耕地双优势相对增加、西部林草用地双优势增强和水域双优势消失、中部长春地区呈现耕地双优势的发展趋势。

（2）吉林省 1990—2018 年土地利用多样化指数、信息熵与均衡度指数略有下降但仍保持较高水平，具有西高东低的特征，其中长春主城区 3 个指数明显提高。全局莫兰指数均在 0.5～0.7 之间，多样化指数及信息熵均呈正的全局自相关。多样化指数和信息熵的 HH 聚集区在吉林省西部地区，聚集面积均有所收缩，表示西部地区土地利用类型丰富度降低；LL 的聚集区在东部地区，两期数据相比略有波动总体基本稳定，东部地区土地利用类型丰富度降低。

（3）自然环境因素是吉林省土地利用空间分异的主导因素，社会经济因素对于土地利用的空间分异变化具有重要影响。

[参 考 文 献]

[1] Meyfroidt P, Lambin E F, Erb K H, et al. Globalization of land use: Distant drivers of land change and geographic displacement of land use [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013,5(5):438-444.

[2] Zhu Z, Woodcock C E. Continuous change detection and classification of land cover using all available Landsat data [J]. Remote sensing of Environment, 2014,144:152-171.

[3] 韩宇笛，李淑杰，徐搏. 吉林省东部山区土地利用结构空间分异研究：以延边州为例[J]. 吉林农业大学学报，2014,36(1):82-88.

[4] 王群，王万茂. 中国大陆地区土地利用结构研究进展[J]. 中国土地科学，2016,29(8):10-15.

[5] 刘纪远，张增祥，庄大方，等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析[J]. 地理研究，2003,22(1):1-12.

[6] 任家强，周炳中，戴激光，等. RS 与 GIS 支持的武义县城市化土地利用动态变化研究[J]. 吉林农业大学学报，2008,30(1):44-48,58.

[7] 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.

[8] 董廷旭，张新合，李才全，等. 县级尺度土地利用结构空间分异特征研究：以四川梓潼县为例[J]. 西南科技大学学报，2011,26(4):48-56.

[9] 刘彦随，陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用/覆被变化研究[J]. 地理研究，2002,21(3):324-330.

[10] 王国刚，刘彦随，方方. 环渤海地区土地利用效益综合测度及空间分异[J]. 地理科学进展，2013,32(4):649-656.

[11] 张玲俐，郝晋珉，苑全治. 区域发展与土地利用空间分异关系的实证研究[J]. 农业工程，2011,1(3):68-72,12.

[12] Wang Qiang, Xu Youpeng, Wang Yuefeng, et al. Individual and combined impacts of future land-use and climate conditions on extreme hydrological events in a representative basin of the Yangtze River Delta, China [J]. Atmospheric Research, 2020,236:104805.

[13] 范丽娟，田广星. 1995—2015 年上海市土地利用及其景观格局变化[J]. 水土保持通报，2018,38(1):287-292.

[14] 陶雨婷，吴云清. 基于 Moran'I 指数的全国空气质量时空格局分析[J]. 自然灾害学报，2018,27(5):107-113.

[15] 毕宝德. 土地经济学[M]. 6 版. 北京：中国人民大学出版社，2011,24-25.

[16] 李雪铭，王勇. 大连市土地利用结构空间分异研究[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版)，2016,38(1):131-136.

[17] Erna L, Gerardo B, Manuel M, et al. Predicting land-cover and land-use change in theurban fringe a case in Morelia City, Mexico [J]. Landscape and Urban Planning, 2001,55(4):271-285.

[18] 何英彬，陈佑启，李志斌，等. 北京市土地利用空间结构特征分析[J]. 农业工程学报，2010,26(2):313-318.

[19] 黄正良，钟慧润. 西安市土地利用空间分异研究[J]. 地域研究与开发，2011,30(4):108-111.

[20] 周子英，段建南，梁春凤. 长沙市土地利用结构信息熵时空变化研究[J]. 经济地理，2012,32(4):126-131.

[21] 谭术魁，朱祥波，张路. 基于计量地理模型和信息熵的湖北省土地利用结构地域差异研究[J]. 地域研究与开发，2014,33(1):88-92.

（下转第 311 页）

[参 考 文 献]

[1] 梁发超,刘黎明. 基于地形梯度的土地利用类型分布特征分析:以湖南省浏阳市为例[J]. 资源科学,2010,32(11):2138-2144.

[2] 简萍, 李阳兵, 王权. 基于地形梯度的典型峰丛洼地区土地利用空间分布格局分析[J]. 长江流域资源与环境,2020,29(5): 1128-1139.

[3] 宋戈,王盼盼. 松嫩高平原县域土地利用空间格局地形梯度特征分析:以巴彦县为例[J]. 地理科学,2017,37(8):1218-1225.

[4] 牛志君,赵建利,王晓晴,等. 基于地形梯度的冀西北山地丘陵区土地利用格局变化分析:以河北省怀来县为例[J]. 水土保持研究,2017,24(4):95-102.

[5] 李靖,廖和平,蔡进,等. 山地城市边缘土地利用格局与变化的地形梯度分布特征分析:以重庆市巴南区为例[J]. 长江流域资源与环境,2018,27(2):296-305.

[6] 徐小任,徐勇. 黄土高原地区人类活动强度时空变化分析[J]. 地理研究,2017,36(4):661-672.

[7] 原文超,徐明德,杨晨,等. 基于适宜性评价的土地利用分区研究:以山西省汾阳市为例[J]. 干旱地区农业研究,2018,36(2):210-217,225.

[8] 李丹,韩书成,张燕纯,等. 基于主成分与聚类分析法的城市土地利用规划分区研究:以广州市为例[J]. 中国农业资源与区划,2017,38(6):130-136,143.

[9] 国土资源部. GB/T21010-2017 土地利用现状分类[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

[10] 张静,任志远. 秦巴山区土地利用时空格局及地形梯度效应[J]. 农业工程学报,2016,32(14):250-257.

[11] 喻红,曾辉,江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学,2001,21(1):64-69.

[12] 刘玲,王勇,谢世友,等. 基于 GIS 的岩溶区土地利用的地形梯度分布研究:以酉阳县板溪乡为例[J]. 中国岩溶,2013,32(4):462-471.

[13] 臧玉珠,刘彦随,杨园园. 山区县域土地利用格局变化及其地形梯度效应:以井冈山市为例[J]. 自然资源学报,2019,34(7):1391-1404.

[14] 赵艳霞,武爱彬,刘欣,等. 浅山丘陵区土地利用地形梯度特征与生态服务价值响应[J]. 水土保持研究,2014,21(3):141-145.

[15] 李益敏,谢亚亚,蒋德明,等. 怒江州斜坡地质灾害孕灾环境因素敏感性研究[J]. 水土保持研究,2018,25(5):300-305.

[16] 樊勇, 何宗宜, 李敏敏,等. 1980—2015 年中国建设用地变化研究[J]. 测绘通报, 2020(1):128-131.

(上接第 296 页)

[22] 王晓娇,陈英,齐鹏,等. 基于信息熵的张掖市土地利用结构分析及其灰色预测[J]. 干旱区研究,2011,28(1):92-97.

[23] 彭大雨,鲁成树,曹海涛. 基于信息熵的芜湖市土地利用结构时空变化分析[J]. 安徽农业科学,2018,46(7):18-21.

[24] 谭永忠,吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报,2003,18(1):112-117.

[25] 李平,李秀彬,刘学军. 我国现阶段土地利用变化驱动力的宏观分析[J]. 地理研究,2001,20(2):129-138.

[26] 尹炀,刘吉平,李晟铭,等. 1960—2016 年吉林省气温时空变化特征[J]. 安徽农业科学,2018,46(28):144-146.

[27] 刘宝涛,刘惠清,郭佳,等. 吉林省城市建设用地扩张时空特征及驱动因素分析[J]. 资源开发与市场,2018,34(10):1377-1382,1388.

[28] Li Wenbo, Wang Dongyan, Li Hong, et al. Quantifying the spatial arrangement of underutilized land in a rapidly urbanized rust belt city: The case of Changchun City [J]. Land Use Policy, 2019, 83: 113-123.

[29] 任永星,李晓燕,王宗明,等. 1990—2015 年吉林省西部耕地变化与“旱改水”时空特征研究[J]. 遥感技术与应用,2019,34(5):1064-1072.

(上接第 302 页)

[14] 赵春芳,董朝阳,伍磊,等. 浙江省水资源生态足迹时空格局[J]. 水土保持通报,2016,36(1):242-248.

[15] 张倩,谢世友. 基于水生态足迹模型的重庆市水资源可持续利用分析与评价[J]. 灌溉排水学报,2019,38(2):93-100.

[16] 邓晓军, 杨琳, 吴春玲, 等. 广西水资源与社会经济发展协调度评价[J]. 中国农村水利水电, 2013 (3): 14-17.

[17] 张义,邹永福,李丰生,等. 基于灰色神经网络模型的水资源生态足迹预测:以广西为例[J]. 人民长江,2017,48(1):37-42.

[18] 张义. 基于生态足迹模型的河池市水资源可持续利用评价[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(4): 26-30.

[19] 莫崇勋,宋丽,蔡德所,等. 广西北部湾经济区水资源承载能力演变分析[J]. 水力发电学报,2015,34(1):45-48,54.

[20] 黄林楠, 张伟新, 姜翠玲, 等. 水资源生态足迹计算方法[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 1279-1286.

[21] Ang B W, Xu X Y, Su Bin. Multi-country comparisons of energy performance: The index decomposition analysis approach [J]. Energy Economics, 2015, 47: 68-76.