

资源型城市土地生态安全评价——以黑龙江省鸡西市为例

王兰霞¹, 秦大海², 孟祥民¹, 苗日民¹

(1. 黑龙江科技大学, 黑龙江哈尔滨 150022; 2. 海南国源土地矿产勘测规划设计院, 海南海口 571100)

摘要 以黑龙江省东部煤炭城市鸡西市为例, 选取 16 个典型评价因子, 遵循客观、科学、简明可行原则, 利用压力-状态-响应(PSR)框架结构模型构建土地生态安全评价指标体系, 采用极差法对评价指标数据进行归一化处理, 以熵值法计算各评价指标的权重, 最终确定 2008—2014 年研究区土地生态安全综合指数。结果显示: 鸡西市土地生态安全综合指数呈现逐年提高的趋势。

关键词 土地生态安全; 评价; 熵值法; 鸡西市

中图分类号 F301 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)30-0179-04

Land Ecological Security Evaluation of Jixi City in Heilongjiang Province

WANG Lan-xia¹, QIN Da-hai², MENG Xiang-min¹ et al (1. Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin, Heilongjiang 150022; 2. Hainan Guoyuan Institute of Land and Mineral Survey Planning and Design, Haikou, Hainan 571100)

Abstract Taking coal-resource-city Jixi in eastern Heilongjiang Province as an example, 16 typical evaluation factors were selected. According to the objective, scientific, concise and feasible principles, Pressure-State-Response (PSR) frame structure model was used to establish land ecological security evaluation index system. Normalization processing of evaluation index data was carried out by Range method. Weight of evaluation index was calculated by entropy method. Finally the comprehensive index of land ecological security in 2008-2014 was finally determined. Results showed that comprehensive index of land ecological security in Jixi City presented the trend of increasing year by year.

Key words Land ecological security; Evaluation; Entropy method; Jixi City

随着世界人口的膨胀以及人类活动范围的延伸, 人类对土地利用的活动正在以前所未有的规模和速度改变着生存环境, 土地生态环境问题日益突出。国家振兴东北老工业基地战略的实施以及黑龙江省东部煤电化基地建设的开展使得煤炭城市土地利用活动愈加频繁。鸡西市煤炭资源开采历史悠久, 其土地生态安全应受到更多的关注, 这对鸡西市土地资源的可持续利用、社会经济的可持续发展有重要的现实意义, 对其他资源型城市土地生态安全评价具有重要的参考价值。国内学者因研究角度不同对土地生态安全的定义各有侧重, 有学者从土地生态安全所要达到的保障程度来定义^[1], 有的从土地生态安全所要达到的目标来定义^[2-5]。综合来看, 土地生态安全可定义为土地生态系统在特定时空范围内既能保持自身的平稳状态又能持续不断地为人类发展提供服务的社会、经济与生态环境的复合体。对于土地生态安全的相关评价, 学者们或借助于数学模型方法^[6-9], 或运用地理信息系统平台^[10-12], 近年也逐渐涉及到利用 InVEST 模型对区域土地生态系统价值进行评估^[13-14]。笔者利用 PSR 框架结构构建了鸡西市土地生态安全评价指标体系, 通过测算土地生态安全综合指数对鸡西市土地生态安全情况进行了评价。

1 指标选取、数据来源与研究方法

1.1 评价指标体系的构建 遵循客观性、科学性以及简明可行性的原则, 在借鉴已有研究成果的基础上, 同时考虑指标数据的可获取性, 基于 PSR 模型构建指标体系, 土地生态安全压力反映人类经济社会活动引起的对资源环境及社会

的压力因素; 土地生态安全状态反映资源环境及社会经济当前所处的状态或趋势; 土地生态安全响应反映人类对于环境、社会经济活动和政策的主观能动性, 资源的可恢复性以及环境本身对污染的容纳能力^[15]。从压力、状态、响应 3 个方面建立评价指标体系的准则层, 选取 16 个指标构建鸡西市土地生态安全评价指标体系(表 1)。

1.2 数据来源 土地生态安全评价指标数据来自 2009—2015 年《黑龙江统计年鉴》《中国城市统计年鉴》和鸡西市国民经济和社会发展公报, 部分指标数据则是通过统计年鉴数据间接运算获得。

1.3 研究方法

1.3.1 归一化处理。 由于所选取各指标计量单位有所不同, 该研究选用极差法对各指标数据进行归一化处理, 以消除量纲不同对土地生态安全评价综合结果产生的影响。归一化处理公式如下。

正向指标:

$$x_{ij} = \frac{x_j - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (1)$$

负向指标:

$$x_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_j}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

式中, x_j 为第 j 项指标值; $\max(x_j)$ 为第 i 项评价指标的最大值; $\min(x_j)$ 为第 j 项评价指标的最小值。

1.3.2 熵值法。 熵值法作为一种客观赋权方法, 通过计算指标的信息熵, 根据指标的相对变化程度对系统整体的影响来决定指标的权重, 相对变化程度大的指标具有较大的权重。该方法具有较强的实用性。利用公式(1)、(2)将土地生态安全评价指标数据归一化处理后, 首先计算第 i 年、第 j 项评价指标的比重:

基金项目 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12531599)。

作者简介 王兰霞(1969-), 女, 黑龙江哈尔滨人, 副教授, 博士, 从事土地利用与生态环境、土地复垦与生态重建研究。

收稿日期 2016-08-31

表1 鸡西市土地生态安全评价指标体系

Table 1 Land ecological security evaluation index system of Jixi City

目标 Target	准则层 Criterion layer	指标 Index	安全趋向 Safe trend
土地生态安全系统 Land ecological security system	压力系统 P	X_1 :人口密度(人/ km^2)	逆向
		X_2 :农村人均用电量($\text{kW} \cdot \text{h}$)	正向
		X_3 :城镇登记失业率(%)	逆向
		X_4 :亿元 GDP 生产安全事故死亡率(%)	逆向
		X_5 :地均化肥施用量(t/km^2)	逆向
	状态系统 S	X_6 :农业机械总动力(万 kW)	正向
		X_7 :第三产业占比(%)	正向
		X_8 :人均水资源量(m^3)	正向
		X_9 :播种面积(hm^2)	正向
		X_{10} :粮食产量(亿 kg)	正向
	响应系统 R	X_{11} :农村居民人均纯收入(元)	正向
		X_{12} :除涝面积占易涝面积比重(%)	正向
		X_{13} :万元 GDP 电耗($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{万元}$)	逆向
		X_{14} :万元 GDP 能耗(吨标准煤/万元)	逆向
		X_{15} :人均 GDP(元)	正向
		X_{16} :经济密度(万元/ km^2)	正向

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_1^m x_{ij}} - (0 \leq y_{ij} \leq 1) \quad (3)$$

然后计算信息熵值 e 与信息效用 d 。第 j 项评价指标的信息熵值 e_j 计算公式为:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (4)$$

式中, k 为常数, $k = \frac{1}{\ln m}$ (m = 年数)。当 $y_{ij} = 0$ 时, $\ln y_{ij}$ 无意义, 因此需要对公式(3)进行改进, 改进后为:

$$y_{ij} = \frac{1 + x_{ij}}{m + \sum_1^m x_{ij}} \quad (5)$$

指标的信息效用价值 d_j 取决于该指标的信息熵 e_j 与 1 之间的差值, 它的值直接影响权重的大小, 信息效用值越大, 对评价的重要性就越大, 权重也就越大。利用熵值法估算各

指标的权重, 其本质是利用该指标信息的价值系数来计算, 其价值系数越高, 对评价的重要性就越大(或称权重越大, 对评价结果的贡献大)。第 j 项指标的权重为:

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_1^m d_j} \quad (6)$$

1.3.3 综合评价指数的计算。采用加权求和公式计算各区域的土地生态安全的综合值, 将各指标数据标准化值与权重相乘可得到鸡西市土地生态安全单项指标安全值, 计算公式为:

$$S = \sum_{i=1}^m x_{ij} \times w_j \quad (7)$$

2 结果与分析

采用公式(1)、(2)和(6)计算得到鸡西市土地生态安全评价指标数据的标准化值与权重, 结果见表2。

表2 2008—2014年鸡西市土地生态安全评价指标标准化值与权重

Table 2 Standardized value and weight of land ecological security evaluation index of Jixi City in 2008 - 2014

指标 Index	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	权重值 Weight value
X_1	0	0.019 4	0.019 4	0.278 3	0.708 7	0.608 4	1	0.085 6
X_2	0	0.033 3	0.137 3	0.428 6	0.663 9	0.720 8	1	0.075 5
X_3	0.533 3	0	0.200 0	0.233 3	1	0.966 7	0.900 0	0.075 2
X_4	0	0.389 5	0.389 5	0.903 6	1	0.935 7	0.797 6	0.058 1
X_5	1	0.475 8	0.299 1	0.276 6	0.235 5	0.091 3	0	0.058 1
X_6	0	0.128 4	0.243 2	0.419 4	0.610 7	0.868 9	1	0.068 0
X_7	1	0.325 7	0.325 7	0.078 9	0	0.145 0	0.473 0	0.061 1
X_8	0.091 8	0.442 3	0.496 4	0	0.417 9	1	0.711 6	0.057 8
X_9	0	0.792 4	0.801 0	0.809 7	0.913 5	0.917 0	1	0.044 3
X_{10}	0	0.102 7	0.435 6	0.675 2	1	0.695 5	0.849 8	0.064 1
X_{11}	0	0.156 1	0.364 0	0.678 3	0.668 8	0.839 8	1	0.061 3
X_{12}	1	0.621 1	0.621 1	0.621 1	0.631 6	0.610 5	0	0.038 4
X_{13}	0.147 9	0	0.252 2	0.558 6	0.853 8	0.844 8	1	0.070 7
X_{14}	0	0.217 2	0.367 2	0.728 1	0.826 6	0.921 3	1	0.064 1
X_{15}	0	0.272 3	0.477 7	0.755 4	1	0.975 4	0.814 4	0.059 5
X_{16}	0	0.280 7	0.487 5	0.765 5	1	0.964 0	0.793 9	0.058 2

鸡西市土地生态安全单项指标安全值测算结果见表3。

表3 2008—2014年鸡西市土地生态安全单项指标安全值

Table 3 Single index security value of land ecological security in Jixi City in 2008—2014

指标 Index	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
X_1	0	0.001 7	0.001 7	0.023 8	0.060 7	0.052 1	0.085 6
X_2	0	0.002 5	0.010 4	0.032 4	0.050 1	0.054 4	0.075 5
X_3	0.040 1	0	0.015 0	0.017 5	0.075 2	0.072 7	0.067 7
X_4	0	0.022 6	0.022 6	0.052 5	0.058 1	0.054 4	0.046 3
X_5	0.058 1	0.027 6	0.017 4	0.016 1	0.013 7	0.005 3	0
X_6	0	0.008 7	0.016 5	0.028 5	0.041 5	0.059 1	0.068 0
X_7	0.061 1	0.019 9	0.019 9	0.004 8	0	0.008 9	0.028 9
X_8	0.005 3	0.025 6	0.028 7	0	0.024 2	0.057 8	0.041 1
X_9	0	0.035 1	0.035 5	0.035 9	0.040 5	0.040 6	0.044 3
X_{10}	0	0.006 6	0.027 9	0.043 3	0.064 1	0.044 6	0.054 5
X_{11}	0	0.009 6	0.022 3	0.041 6	0.041 0	0.051 5	0.061 3
X_{12}	0.038 4	0.023 9	0.023 9	0.023 9	0.024 3	0.023 4	0
X_{13}	0.010 5	0	0.017 8	0.039 5	0.060 4	0.059 7	0.070 7
X_{14}	0	0.013 9	0.023 5	0.046 7	0.053 0	0.059 1	0.064 1
X_{15}	0	0.016 2	0.028 4	0.044 9	0.059 5	0.058 0	0.048 5
X_{16}	0	0.016 3	0.028 4	0.044 6	0.058 2	0.056 1	0.046 2

根据表2中权重值计算结果和表3数据,利用公式(7),计算得到2008—2014年鸡西市土地生态安全综合值(表4)。

表4 2008—2014年鸡西市土地生态安全综合评价结果

Table 4 Comprehensive evaluation result of land ecological security of Jixi City in 2008—2014

年份 Year	压力指数 Pressure index	状态指数 State index	响应指数 Response index	综合指数 Comprehensive index
2008	0.098 2	0.066 4	0.048 9	0.213 5
2009	0.054 4	0.105 5	0.070 3	0.230 2
2010	0.067 1	0.150 8	0.122 0	0.339 9
2011	0.142 3	0.154 1	0.199 5	0.495 9
2012	0.257 8	0.211 2	0.255 3	0.724 3
2013	0.238 9	0.262 4	0.256 4	0.757 7
2014	0.275 1	0.298 1	0.229 5	0.802 7

目前国内确定土地生态安全的标准还不统一。该研究在参考相关研究的基础上^[16-17],综合考虑鸡西市土地生态系统状况,将评价结果确定5个评价等级:恶劣级(0,0.4]、风险级(0.4,0.6]、敏感级(0.6,0.7]、良好级(0.7,0.9]和安全级(0.9,1.0]。将土地生态安全综合指数值与土地生态安全等级相结合,得出鸡西市土地生态安全变化趋势(图1)。

由表4可知,2008—2009年鸡西市土地生态安全压力指数下降,在2009年降到最低,压力指数为0.054 4;2010—2014年呈现出整体升高的趋势,在2013年小幅回落,压力指数为0.238 9,从单个指标来看,主要是由于全市人口密度在2013年小幅反弹,亿元GDP生产事故死亡率也有所提高;2014年鸡西市土地生态安全压力指数为0.275 1,达到峰值,这表明鸡西市土地生态安全压力总体上不断增加。2008—2014年鸡西市土地生态安全状态指数一直处于上升趋势,主要是由于农业机械总动力、播种面积、粮食产量、农村居民人均纯收入等指标数值整体上呈现出不断增长的趋势,表明土

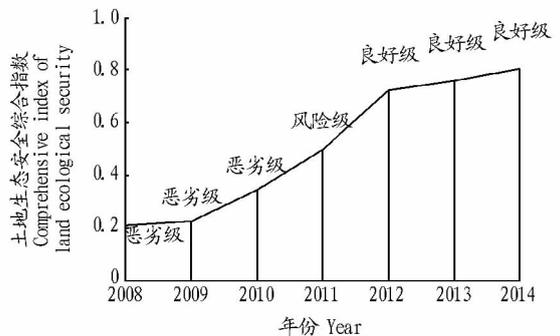


图1 鸡西市土地生态安全变化趋势

Fig.1 Change trend of land ecological security in Jixi City

地生态安全状态良好。2008—2013年鸡西市土地生态安全响应指数逐年提高,2014年小幅降低。鸡西市土地生态安全响应指数不断提高,主要得益于产业结构调整,使得万元GDP能耗与万元GDP电耗逐年减少。

3 结论与建议

该研究基于PSR框架构建了鸡西市土地生态安全评价指标体系,运用熵权法确定权重,根据2008—2014年相关指标统计数据,通过测算鸡西市土地生态安全综合指数,对鸡西市土地生态安全情况进行评价。结果表明,2008—2014年鸡西市土地生态安全系统状况整体上呈现出不断好转的趋势,但趋势较缓,主要在于土地生态安全压力指数、状态指数与响应指数对综合指数贡献率较低;2008—2010年土地生态安全系统状况一直处于恶劣级,2010—2012年土地生态安全系统状况由恶劣级上升到良好级,表现出良好的势头;2012—2014年增幅趋缓,一直处于良好级。

鸡西市等资源型城市应结合自身实际情况,推进产业转型,积极发展生态农业,降低地均化肥施用量;引进高新技术产业,降低能耗;加大安全生产监督管控,通过土地整治等相关措施保持土地生态永久持续安全。

参考文献

- [1] 曹新向,郭志永,雒海潮. 区域土地资源持续利用的生态安全研究[J]. 水土保持学报,2004,18(2):192-195.
- [2] 梁留科,张运生,方明. 我国土地生态安全理论研究初探[J]. 云南农业大学学报,2005,20(6):829-834.
- [3] 刘胜华. 我国土地生态安全问题及其立法[J]. 国土资源科技管理,2004(2):53-56.
- [4] 张虹波,刘黎明. 土地资源生态安全研究进展与展望[J]. 地理科学进展,2006,25(5):77-85.
- [5] 徐丽,张立亭. 基于土地生态安全评价的研究[J]. 河北农业科学,2010,14(12):88-90.
- [6] 张小虎,袁磊,宋卫方,等. 基于灰关联法的城市土地生态安全评价:以哈尔滨市为例[J]. 国土与自然资源研究,2009(4):19-20.
- [7] 余健,房莉,仓定帮,等. 熵权模糊物元模型在土地生态安全评价中的应用[J]. 农业工程学报,2012(5):260-266.
- [8] 马志昂,盖艾鸿,程久苗. 基于BP人工神经网络的区域土地生态安全评价研究:以安徽省为例[J]. 中国农学通报,2014(23):289-295.
- [9] 高明美,孙涛,赵天燕,等. 正态云模型在皖江地区土地生态安全评价

- 中的应用[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(2):196-201.
- [10] 薛亮,任志远. 基于格网GIS的关中地区生态安全研究[J]. 地理科学,2011,31(1):123-128.
- [11] 曲衍波,齐伟,商冉,等. 基于GIS的山区县域土地生态安全评价[J]. 中国土地科学,2008(4):38-44.
- [12] 郑小军,朱卫红,苗承玉,等. 基于3S技术的图们江中游湿地生态安全评价与预警研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(32):12677-12680.
- [13] 白杨,郑华,庄长伟,等. 白洋淀流域生态系统服务评估及其调控[J]. 生态学报,2013(3):711-717.
- [14] 黄从红. 基于InVEST模型的生态系统服务功能研究[D]. 北京:北京林业大学,2014.
- [15] 刘伟玮. 土地利用变化与土地生态安全评价研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2013.
- [16] 李迎迎,杨朝晖,信桂新,等. 重庆市土地生态安全动态变化研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版),2014(11):189-195.
- [17] 裴婷婷,陈英,赵亚南,等. 基于P-S-R模型的白银市土地生态安全评价[J]. 中国农学通报,2014(2):215-221.

(上接第155页)

量比较好,结实较多,因此也列为I级。蓝靛果忍冬虽然在7~8月叶子失水严重,可是9月初仍有新枝萌发,因此也列为I级。刺五加的成活率达到了92.9%,保存率也达到了100%,但是并未观测到结果现象,因此列为II级。虽然日本绣线菊第1年的成活率达到了100%,但是保存率却只有80%,第2年失水严重,无生长现象。暴马丁香的成活率为88%,保存率达到了100%,仅开一个花序,无生长现象。金银忍冬、蒙古茺菑、鼠李成活率和保存率均达到了100%,有正常开花现象,但是没有结实、生长量。藏花忍冬的成活率为66.7%,保存率为100%,无生长量。山刺玫的成活率和保存率均较低,但是第2年枝叶比较繁茂。因此,以上8种列为II级。大叶小檗的成活率达到了100%,但是保存率只有50%,且第2年的新叶萌发差,枝条多数失水死亡,新叶较少,生长缓慢,所以结果列为III级。

从结果可以看出,所引种植物对新环境都具有一定的适应性,可以进行引种栽培,但是差异很大,需区别对待。大叶小檗的分布范围比较广,抗逆性较强,但是在该研究中的表现比较差,虽然根部存活,但是萌发力比较差。山刺玫死亡率比较高,存活率较差,但是保存下来的植株生长势比较好,说明这两种植物需要的适应期比较长。忍冬科植物成活后叶片生长迅速,植株茂盛,这与之前的研究相符^[12],尤其是蓝靛果忍冬,东北地区已经引种成功,所以可作为重点开发植物,但是如何安全过夏是其需解决的问题。日本绣线菊在

绣线菊属中的抗旱性是比较好的^[13],但是在该试验中,第1年、第2年枝条均失水严重,发生干梢现象,有待于进一步做生理研究,研究其生长的最佳环境。

试验证明了塞罕坝亚高山木本植物可以在低海拔地区进行引种栽培,但这仅是1年的数据,如何保证其观赏特性以及繁殖问题还有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 刘明财,崔凯峰,郑明艳. 长白山野生观赏植物引种与栽培试验[J]. 东北林业大学学报,2004,32(4):22-28.
- [2] 张石宝,胡虹,王华,等. 云南的高山花卉种质资源及开发利用[J]. 中国野生植物资源,2005,24(3):19-22.
- [3] 张中社,陈书文,赵俊侠. 长白山野生观赏植物引种与栽培试验初报[J]. 中国农学通报,2007,23(3):415-419.
- [4] 黄金祥,李信,钱进源. 塞罕坝植物志[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996.
- [5] 刘春延,赵亚民,刘海莹,等. 塞罕坝森林植物图谱[M]. 北京:中国林业出版社,2010.
- [6] 潘百红,袁荣焱,周文,等. 湖南省野生植物作庭园和室内观赏植物的引种研究[J]. 中南林业科技大学学报,2008,28(3):74-79.
- [7] 李思锋,祁云枝,张莹,等. 西安植物园国家重点保护野生植物资源引种研究[J]. 中国农学通报,2009,25(17):227-232.
- [8] 李颀,汤升虎,张群英,等. 贵州野生悬钩子属植物种质资源调查与引种[J]. 贵州科学,2015,33(2):16-19.
- [9] 谢孝福. 植物引种学[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [10] 王名金,刘克辉. 树木引种驯化概论[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1990.
- [11] 张建国,徐新文,雷加强,等. 塔克拉玛干沙漠腹地植物引种与适应性评价[J]. 林业科技,2008,33(4):10-13.
- [12] 伊宏峰. 沈阳忍冬属植物的引种栽培园艺与种苗[J]. 园艺与种苗,2013(4):6-8.
- [13] 李杰,金研铭,王洪涛,等. 长春地区六种绣线菊属植物耐旱性比较研究[J]. 北方园艺,2011(10):56-59.