

基于 PSR 模型的长沙市土地资源生态安全评价

袁 莉,陈诗阳

(湖南工业大学,湖南 株洲 412000)

[摘 要] 基于 PSR(压力——状态——响应模型)构建土地生态安全评价指标体系,运用熵值法以及改进的灰色关联分析法求出整体土地生态安全指数,对“十二五”期间长沙市的土地生态安全进行评估,结果表明:长沙市的土地生态安全在 2011 年——2015 年整体上处于较安全状态。其中,长沙市土地生态安全整体呈上升状态,趋向安全状态;从子系统来看,压力、状态和响应系统也呈波动上升趋势发展,波动幅度较大;森林覆盖率、生活垃圾无害化处理率、自然保护区面积以及工业固体废物综合利用率是影响长沙市土地生态安全的主要因素。

[关键词] 长沙市;土地生态安全;PSR 模型;灰色关联度

[中图分类号] F062.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-117X(2017)02-0024-05

Evaluation on the Land Ecological Security of Changsha City Based on the PSR Model

YUAN Li, CHEN Shiyang

(School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan 412000 China)

Abstract: This paper constructs the evaluation index system of land ecological security based on PSR (pressure – state – response model) and applies entropy method and modified grey correlation analysis method to calculate the security index of the whole land ecology. This paper also conducts the evaluation on the land ecological security of Changsha City during the 12th Five – Year Plan. The result reveals that the land ecological security of Changsha City between 2011 and 2015 is in a relatively secure state. Overall, the land ecological security of Changsha City is presenting an increasing trend and inclines to a secure state; from the perspective of subsystem, the pressure, state and response system are all presenting a fluctuant rising trend and the fluctuating range is relatively great; forest coverage rate, innocuous treatment rate of household garbage, area of nature reserve and comprehensive utilization rate of industrial solid wastes are the main factors influencing the land ecological security of Changsha City.

Key words: Changsha City; land ecological security; PSR model; grey relational degree

一 引言

土地是人类赖以生存与发展的物质基础及生存空间。随着工业化和城市化进程的不断加快,我国土地利用强度不断加强,区域内生物、生态环境和生态系统遭到了空前的冲击与破坏,甚至超过了该区域土地资源的生态承载力。^[1-4]近年来,学者们围绕维护土地生态安全开展研究。关于土地生

态安全,刘胜华认为土地生态安全是指陆地表层由有机物与无机物共同构成的土地生态系统的结构不受破坏,同时其为人类提供服务的质量和数量能够持续满足人类生存和发展的需要。^[5]范瑞铨等利用 AHP 法与综合指数法相结合对福建省土地生态安全进行评价,并认为土地生态安全是人类利用土地过程中,保持土地生态系统自身的可持续发展,并使之能够稳定的为人类提供服务,以满足人类需

收稿日期: 2016-11-30

作者简介: 袁 莉(1962-),女,四川西昌人,湖南工业大学教授,博士,研究方向为区域生态系统管理;陈诗阳(1992-),女,湖南湘潭人,湖南工业大学硕士生,研究方向为土地生态安全。

求的状态。^[6]本研究认为土地生态安全是通过协调人类活动和土地生态环境之间的关系,维护土地生态系统的稳定性和完整性,使土地生态系统维持可持续发展状态。

现有土地生态安全评价的研究大多是以省域为尺度,但由于省域内不同城市间的发展水平不一致,土地的生态承载水平也各有不同。长沙市是湖南省省会,经济发展水平代表了湖南省的最高水平,但这样的发展水平是否以牺牲环境为代价,长沙市发展经济的同时,生态环境建设是否取得了成效,成效是否明显,还有哪些方面有需要加强?本文拟对长沙市“十二五”期间(2011 - 2015 年)的土地生态安全状况进行系统的综合评价,旨在为长沙市土地生态安全的可持续有效管理提供有价值的科学依据。

二 土地生态安全评价模型和指标体系构建

(一)土地生态安全评价模型

土地生态系统是复杂的巨系统,其中每个要素之间相互关联、相互影响,评价土地生态系统安全需要综合考虑每个要素之间的相互关系以及分清每个要素对土地生态安全的影响孰重孰轻。对土地生态安全进行评价需要采用 PSR 模型(“压

力——状态——响应”模型),PSR 模型是由世界经合组织(OECD)提出来的一个框架模型,压力是指人类的活动和自然因素对自然界产生的压力,状态是指自然界受到压力影响后反映出来的自然状态,而响应则是人类收到自然界反馈的信息后采取的经济、行政和法律手段。这三个部分组成了 PSR 模型的基本架构,指标体系的构建也是以此为基础选取评价指标。这个模型简单易懂,操作方便,又能反映出人类活动对自然环境的影响,具有优越性。

(二)土地生态安全评价指标体系的构建

土地生态安全受多因素影响,且各因素相互关联。因此在选取评价指标时,应注重科学性、指标数据的可得性和可操作性,充分考虑每个评价指标之间的相互影响。当前土地资源安全评价主要以 DPSIR - TOPSIS 模型、物元分析等方法为主。^[7-9]本研究结合世界经合组织(OECD)提出的“压力 - 状态 - 响应”框架(Press - State - Response, P - S - R),参考现有评价指标体系,综合考虑长沙市实际情况,本文构建了一套适用于长沙市土地生态安全评价的指标体系,并以熵权赋权法确定评价指标权重,计算出土地生态安全的综合得分。该指标体系分为目标层、准则层和指标层,共二十一项指标见表 1。

表 1 长沙市土地生态安全评价指标体系

目标层	序号	准则层	指标层	指标代码	单位	性质
长沙市土地生态安全综合指数	1	压力	人口密度	X ₁	人/公顷	-
	2		人口自然增长率	X ₂	%	-
	3		人均 GDP 元	X ₃	元	+
	4		单位耕地面积农药使用量	X ₄	kg/h · m ²	-
	5		单位耕地面积化肥使用量	X ₅	kg/h · m ²	-
	6		单位耕地面积地膜使用量	X ₆	kg/h · m ²	-
	7		城市化率	X ₇	%	+
	8		土地产出率	X ₈	万元/km ²	+
	9	状态	人均公园绿地面积	X ₉	平方米/人	+
	10		城区建成区绿化覆盖率	X ₁₀	%	+
	11		人均住房建筑面积	X ₁₁	m ² /人	-
	12		人均耕地面积	X ₁₂	m ² /人	+
	13		第三产业比重	X ₁₃	%	+
	14		农业机械总动力	X ₁₄	万千瓦	+
	15		森林覆盖率	X ₁₅	%	+
	16		水土协调度	X ₁₆	%	+
	17	响应	环保投入占 GDP 比重	X ₁₇	‰	+
	18		生活垃圾无害化处理率	X ₁₈	%	+
	19		自然保护区面积	X ₁₉	万公顷	+
	20		工业固体废物综合利用率	X ₂₀	%	+
	21		城区地表水环境功能区达标率	X ₂₁	%	+

三 长沙市土地生态安全评价

(一)长沙市概况

长沙市为湖南省省会,是湖南省政治、经济、文化、交通、科技、金融、信息中心,地处“一带一部”(即东部沿海地区和中西部地区过渡带、长江开放经济带和沿海开放经济带结合部)核心区域,2014年12月11日,国务院下发《关于同意支持长株潭国家高新区建设国家自主创新示范区的批复》,同意支持长沙、株洲、湘潭3个国家高新区建设国家自主创新示范区。长沙作为是长株潭城市群“两型社会”建设综合配套改革试验区、长株潭国家自主创新示范区核心城市,更应该做好生态环境保护工作,发展好,维护好长沙的土地生态安全。^[10]

(二)数据来源

本研究的数据主要来源于2011年—2015年《湖南省统计年鉴》《长沙市统计年鉴》以及长沙市国民经济和社会发展统计公报。

(三)土地生态安全的评价法

基本思路:用灰色关联方法将各评价指标的原始数据转化为灰色关联系数,用熵值法确定评价指标的权重;最后在此基础上,通过计算加权灰色关联度对区域土地生态安全进行动态评价。

建立科学的评价指标体系和确定各指标的权重是土地生态安全评价的关键。灰色关联法是一种用于衡量因素之间的关联程度的方法。土地生态系统是一个复杂的生态系统,对它的评价涉及诸多方面,经济、社会环境方面都有很多灰色信息,所以这就造成了对土地生态系统的安全评价存在很多不确定性和不完全性。因此,选用灰色关联度来评价区域土地生态安全水平。

首先,构建包含m个评价对象和n个评价指标的判断矩阵

$$V = (x_{ij})_{m \times n} (i = 1, 2 \cdots m; j = 1, 2, \cdots n) \quad (1)$$

其次,对判断矩阵V进行无量纲化处理,得到矩阵

$$S = (y_{ij})_{m \times n} (i = 1, 2 \cdots m; j = 1, 2, \cdots n) \quad (2)$$

对于正指标(越大越好),有

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (3)$$

对于逆指标(越小越好),有

$$y_{ij} = \frac{x_{\max} - x_{ij}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (4)$$

(四)指标权重的确定

为了降低主观原因对评价结果的影响,本文引入熵权法确定权重。熵权法是一种客观的确定权重的方法,特点是直接利用评价对象的指标值构成的矩阵来确定计算权重,具有较强的客观性,排除了人为因素的影响。^[7]基于熵权法的评价指标权重计算步骤为:

(1) 计算第j项指标的熵值 e_j

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} (j = 1, 2, \cdots, n) \quad (5)$$

常数可取值为 $k = \frac{1}{\ln m}$

其中, $p_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^m y_{ij}} \quad (i = 1, 2, \cdots, m; j = 1, 2, \cdots, n)$

并规定当 $p_{ij} = 0$ 时,,从而保证 $e_{ij} \in [0, 1]$

(2) 计算第j项指标的权重为:

$$D_j = w_j / \sum_{i=1}^m w_j \quad (6)$$

式中, $w_j = 1 - e_j$ 为指标 x_j 的差异系数。

计算结果见表2。

表2 长沙市土地生态安全评价指标体系的指标权重

指标代码	权重
X_1	0.037 777
X_2	0.026 515
X_3	0.041 777
X_4	0.054 340
X_5	0.070 016
X_6	0.034 900
X_7	0.027 318
X_8	0.033 875
X_9	0.028 046
X_{10}	0.033 730
X_{11}	0.042 587
X_{12}	0.053 361
X_{13}	0.021 017
X_{14}	0.066 201
X_{15}	0.023 340
X_{16}	0.025 099
X_{17}	0.137 866
X_{18}	0.137 866
X_{19}	0.065 926
X_{20}	0.019 147
X_{21}	0.037 777

(五)长沙市土地生态安全综合指数
应用灰色关联分析法计算土地生态安全指标

综合指数的步骤:

1. 确定参考序列和比较序列。

参考序列即: $y_i = \{y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}\} (i = 1, 2, \dots, m)$

比较序列由各项指标的最优值组成,由于经过无量纲化处理后的指标属于 $[0, 1]$, 因此选取每个指标的最大值作为比较序列 $y_0 = (1, 2, \dots, 1)$

2. 计算关联系数。

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |y_{ij} - 1| + \rho \max_i \max_j |y_{ij} - 1|}{|y_{ij} - 1| + \rho \max_i \max_j |y_{ij} - 1|} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

其中 \tilde{n} 为分辨系数, $0 \leq \tilde{n} \leq 1$, \tilde{n} 越大, 分辨率就越高, 一般取 $\tilde{n} = 0.5$ 。

3. 计算参考序列与比较序列的加权关联度。

$$R = \sum_{j=1}^n D_j \xi_{ij} (i = 1, 2, \dots, m) \quad (8)$$

关联度 R 反映评价对象与最优状态之间相互接近程度, R 值越大说明第 i 个评价对象与最优状态相互接近程度越高, 因此, 可以根据关联度大小来对各个评价对象进行优劣排序与级别分类。

4. 计算土地生态安全综合指数

根据评价模型计算出长沙市 2011 年到 2015 年土地生态安全综合指数, 分别是 $\{0.609, 0.6549, 0.7674, 0.6473, 0.5994\}$ 。

(六) 安全评价的等级

一般关联度按强弱可以分为弱相关性 ($0 \sim 0.35$)、中等相关性 ($0.35 \sim 0.7$) 以及强相关性 ($0.7 \sim 1$) 三种类型。^[7] 在咨询了相关专家的基础上, 制定了一个分级标准见表 3。

表 3 城市生态安全分级标准

评估值(关联度)	评语
≤ 0.35	不安全
$> 0.35 \sim 0.45$	较不安全
$> 0.45 \sim 0.55$	临界安全
$> 0.55 \sim 0.75$	较安全
≥ 0.75	安全

四 结果分析

将计算结果与土地生态安全分级标准对比, 分析“十二五”期间的长沙市土地生态安全整体状况及各子系统的演进。

(一) 土地生态安全系统综合分析

“十二五”期间, 长沙市的土地生态系统的安全状况是呈山峰形态变化。其中除了 2013 年处于安全状态, 而其余四年为较安全。以 2013 年为峰值, 综合安全指数由 2010 年的 0.609 迅速上升至 2013 年的 0.767, 上升幅度明显, 而 2013 年后逐渐下降到 2015 年的 0.599。

原因主要是“十二五”期间长沙市作为湖南省的省会城市, 社会、经济发展迅速, 伴随着对资源的巨大消耗和对环境的不断破坏, 人地矛盾也日趋激烈。同时大量的基本建设项目和改造工程的进行, 城市化进程的不断加快, 这些都给长沙市土地生态系统安全带来了很大压力。但是在整体上, 长沙市的土地生态形势正朝着乐观的方向发展, 这与长沙市政府在环境保护方面不断深化改革密不可分。“十二五”期间, 长沙深入推进两型社会建设综合配套改革, 单位地区生产总值能耗下降 20% 以上, 提前一年实现“十二五”节能减排目标。城乡环保和治理不断加强, 新增造林绿化面积 68.19 万亩, 获批全球绿色城市。长沙市政府在加快城市环境建设方面所做出的努力有目共睹, 这也是长沙市土地生态安全水平不断提高的原因所在。

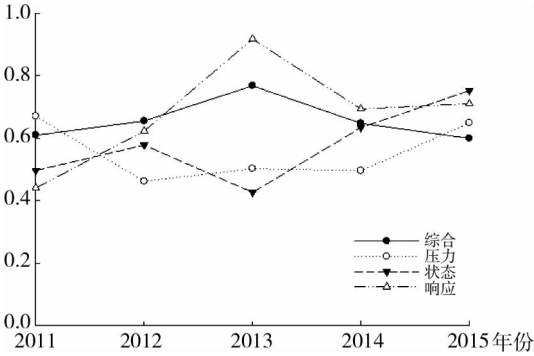


图 1 综合安全指数

图 1 中不仅反映了长沙市土地生态安全指数在 2011 年至 2015 年的变化, 还包含了三个子系统在“十二五”期间的变化情况。从图 1 可以看出研究区域的土地生态系统在压力状态响应三个方面因为发展状况的不同, 各子系统的安全指数变化也有所不同。

(二) 土地生态安全压力系统分析

在压力系统方面, 2011 年到 2015 年, 土地生态压力从 2011 年的安全状态下降至 2012 年的临界安全状态, 再逐步转变提升成为 2015 年的安全状态, 呈“U”字型变化(如图 1)。这样的变化是因为

近年长沙市社会经济发展将土地生态安全朝好的方向驱动,在城市化进程不断加快的同时,土地产出率也不断提高,经济效率的提高,这也相对平衡了经济发展对土地生态造成的压力。但是,为了提高土地产出率,农药、化肥和地膜大规模使用同样也对土地生态造成了严重威胁,土地产出率的提高如果不能同时减少污染物的大量排放,长沙市的土地生态安全所面临的压力仍将居高不下,甚至最后又下降至临界安全甚至是不安全的状态。

(三)土地生态安全状态系统分析

在状态系统方面,状态安全指数在“十二五”期间的变化是整体情况乐观,但中间有波动,处于临界安全、较安全和安全之间(见图1)。在2015年状态系统达到了安全的范围,对整个土地生态安全状态产生了积极的影响。这与其“绿色”面积的不断加有关,城市“绿色”面积多了,整个城市的生态环境得到提升,这也对提高全市土地生态安全状态产生重要意义。但同样,长沙市的生态安全仍然需要政府不断努力深化改革,维护“十二五”期间的“造绿”成果。

(四)土地生态安全响应系统分析

在响应系统方面,响应安全指数在2011为较不安全状态,而2013年则处于安全状态。随着“十二五”规划的推进,城区地表水环境功能区达标率逐年降低,生活垃圾产生量逐年加大,人地矛盾的不断加大也使得响应生态安全指数发生了波动变化。在2015年处于一个较安全状态,这是由于长沙市依据“十二五”规划引进了生活垃圾无害化处理设备,在14年生活垃圾无害化处理率达到了100%。在环境保护方面加大财政支出也说明了长沙市政府对生态发展的重视。

综上所述,通过计算结果可知,“十二五”期间长沙市的土地生态安全整体上处于较安全状态,这与客观实际情况较为吻合,证明该评价方法具有一定的实际应用价值。且其压力、状态和响应子系统

也呈上升趋势;但是,波动幅度较大;其中森林覆盖率、生活垃圾无害化处理率、自然保护区面积以及工业固体废物综合利用率是影响长沙市土地生态安全的主要因素。因此,“十三五”期间长沙市在巩固现有成绩的基础上,不断深化改革,协调人地矛盾,尤其要通过产业结构调整提高工业固体废物综合利用率,以增强土地生态安全,为实现长沙市社会经济可持续发展奠定基础。

参考文献:

- [1] 高桂芹,韩美.区域土地资源生态安全评价:以山东省枣庄市中区为例[J].水土保持研究,2005(5):275-277.
- [2] 王根绪,程国栋,钱鞠,等.生态安全评价研究中的若干问题[J].应用生态学报,2003(9):1551-1556
- [3] 刘伟玮.土地利用变化与土地生态安全评价研究[D].北京:中国地质大学土地科学技术学院,2013.
- [4] 张正峰.土地整治可持续性的标准与评估[J].农业工程学报,2012(7):1-7.
- [5] 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.
- [6] 范瑞锐,陈松林,戴菲,等.福建省土地利用生态安全评价[J].福建师范大学学报(自然科学版),2010(5):97-101.
- [7] 徐美,朱翔,李静芝,等.基于DPSIR-TOPSIS模型的湖南省土地生态安全评价[J].冰川冻土,2012(5):1265-1272.
- [8] 黄辉玲,罗文斌,吴次芳,等.基于物元分析的土地生态安全评价[J].农业工程学报,2010(3):316-322.
- [9] 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.
- [10] 王征.从地方政府行为看区域产业政策趋同的动因与影响[J].湖南财政经济学院学报,2014(5):102-107.

责任编辑:李珂