

基于PSR模型的重庆市环境生态安全评价研究

李泓瑾

皇家艺术学院 英国伦敦 SW7 2EU

摘要: 基于PSR模型构建土地生态安全评价指标体系,采用熵权法确定权重,并运用障碍度模型诊断其障碍因子,进而对重庆市的土地生态安全水平进行评价。

关键词: 土地生态安全; PSR模型; 熵值法; 障碍度

Study on environmental ecological safety evaluation in Chongqing based on PSR model

Hongjin Li

Royal Academy of Arts, London, England, SW7 2EU

Abstract: This paper constructs an index system for assessing land ecological security based on the Pressure-State-Response (PSR) model. The entropy weight method is employed to determine the weights, and the impediment degree model is used to diagnose its obstructive factors. Subsequently, the ecological security level of Chongqing City is evaluated.

Keywords: Land Ecological Security; PSR Model; Entropy Method; Barrier Degree

一、研究对象与数据

1. 研究区域

重庆市位于东经 $105^{\circ} 17'$ - $110^{\circ} 11'$, 北纬 $28^{\circ} 10'$ - $32^{\circ} 13'$, 属于亚热带湿润季风气候, 雨量充沛, 2021年平均气温为 19.7°C 。处于青藏高原与长江中下游平原的过渡地带。辖区东西长470公里, 南北宽450公里。重庆幅员辽阔, 域内江河纵横, 峰峦叠翠。北有大巴山, 东有巫山, 东南有武陵山, 南有大娄山, 地形大势由南北向长江河谷倾斜, 起伏很大。重庆中心城区为长江、嘉陵江所环抱, 夹两江、拥群山, 山清水秀, 风景独特, 各种建筑依山傍水, 鳞次栉比, 错落有致, 素以美丽的“山城”、“江城”著称于世, 是一座文化底蕴丰富的花园城市。

2. 数据来源

本研究所涉及的有关重庆市的社会经济发展、土地利用现状等数据主要来源于《江西统计年鉴(2013-2022年)》、《重庆市统计年鉴(2013-2022)》和相应的统计公报。

二、研究方法

1. 指标体系的确定

本文以P-S-R模型为支撑, 结合重庆市土地生态安

全实际情况, 在遵循科学性、完备性、适宜性等原则下, 构建重庆市土地生态安全评价指标体系, 包括目标层、准则层、因素层和指标层4个层次, 将土地生态安全分为土地生态压力层、土地生态状态层、土地生态响应层3个因子层。其中确定了选取17个指标作为指标层, 其中正向指标11个, 负向指标6个, 涵盖生态、经济、社会等各个方面(表1)。正向指标值越大, 对改善土地生态问题越有利; 负向指标值越大, 对维护土地生态安全越不利。

2. 指标权重的确定

(1) 因指标具有不一致性, 选择采取客观赋权法中的熵权法, 即极差标准化的方法对数据进行无量纲化处理。根据指标对重庆市土地生态安全的影响趋势, 将指标分为两类, 分别是正向性指标“+”, 采用公式(1); 逆向性指标“-”, 采用公式(2), 计算方法如下^[14-15]

$$Y_{ij} = (X_{ij} - X_{jmin}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) + 0.001 \quad (1)$$

$$Y_{ij} = (X_{jmax} - X_{ij}) / (X_{jmax} - X_{jmin}) + 0.001 \quad (2)$$

式中: Y_{ij} 是标准化之后的结果, X_{jmax} 和 X_{jmin} 分别为第j项指标的最大值与最小值; X_{ij} 为第i年的第j个指标的初始实际值; Y_{ij} 为指标原始值的标准化值。指标进行标准化处理后的数值应介于0.001~1.001之间。

表1 重庆市土地生态安全评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of land ecological security in Nanchang City

目标层	准则层	因素层	指标层	权重	趋向性
土地生态安全综合指数 (Q)	土地生态压力P	人口压力P1	人口自然增长率(‰) X1	0.1002	-
			人口密度(人/平方公里) X2	0.0351	-
		社会压力P2	城市化水平(%) X3	0.1072	-
		经济压力P3	农业经济比重(%) X4	0.0265	-
		环境压力P4	化肥施用量实物量(万吨) X5	0.0869	-
			农药使用量(吨) X6	0.0421	-
			生活垃圾清运量(万吨) X7	0.0839	+
	土地生态状态S	资源状态S1	人均耕地面积(1/15hm ²) X8	0.0367	+
		环境状态S2	人均公园绿地面积(平方米) X9	0.1513	+
			自然保护区面积(万公顷) X10	0.0776	+
			森林覆盖率(%) X11	0.0381	+
	经济状态S3	粮食产量(万吨) X12	0.0375	+	
	土地生态响应R	经济响应R1	人均GDP(元) X13	0.0437	+
			第三产业比重(%) X14	0.0523	+
		环境响应R2	工业固体废物综合利用率(%) X15	0.0349	+
			污水集中处理率(%) X16	0.0209	+
		社会响应R3	农业机械水平: 当年机耕面积(千公顷) X17	0.0253	+

(2) 计算第i年份第j项各指标值的比重P_{ij}:

$$P_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^m Y_{ij} \quad (3)$$

P_{ij}为第j项指标下i个被评价的指标比

(3) 计算指标信息熵E_j:

$$E_j = -1/\ln(m) * \sum_{i=1}^m (P_{ij} * \ln P_{ij}) \quad (4)$$

E_j为第j项指标的熵值

(4) 计算信息熵冗余度F_j: F_j=1-E_j (5)

F_j为第j项指标的信息效用价值

(5) 计算指标权重W_j: W_j=F_j / $\sum_{j=1}^n F_j$ (6)

式中: m为评价年数; n为指标数。

3.综合评价模型

(1) 土地生态安全指数的测算

重庆市土地生态安全评价应该是压力、状态、响应3个子系统各个指标数据进行综合计算结果, 计算公式如下:

$$Z_i = \sum_{j=1}^n w_j * y_j \quad (7)$$

其中: Z_i为该年的综合评价值; w_j为第j个评价指标的权重值; y_j为第j个评价指标的标准化值。

(2) 安全等级划分

计算出重庆市2012-2021的生态安全综合指数, 但却无法直接量化其状态与级别。因此参考已有结果的相

关文献, 结合重庆市实际, 将综合指数标准划分为不安全、较不安全、临界安全、较安全、安全5个等级, 具体的评价标准如表2所示。计算后得出的综合安全值越高, 研究区的土地生态安全就越好, 反之得出的综合安全值越低, 研究区的土地生态安全就越差。

表2 土地生态安全等级判别标准

Table 2 Land ecological security grade discrimination standard

安全等级	综合指数	指标特征及表现
不安全I	[0.0, 0.2)	土地生态系统遭受严重破坏, 其结构极不合理, 人地关系失衡
较不安全II	[0.2, 0.3)	土地生态系统功能严重退化, 生态系统结构相当不合理, 抗外部干扰能力差
临界安全III	[0.3, 0.5)	土地生态环境遭受到一部分破坏, 但尚可维持基本功能, 具有一定的抗干扰能力
较安全IV	[0.5, 0.8)	土地生态系统结构较为完善, 可抵抗外界大多数的干扰, 且具有很强的生态自我恢复的能力
安全V	[0.8, 1.0]	土地生态系统结构完善, 自我修复能力强, 人地关系和谐

(3) 土地生态安全水平指标障碍因子

为了进一步提高重庆市土地生态安全水平, 有必要甄别各项指标的障碍度大小, 识别出土地生态安全的主要限制因子。其计算指标如下所示:

$$(1) \text{ 计算因子贡献度 } (C_j): C_j = W_i * W_{ij} \quad (8)$$

C_j 表示单项指标对评价结果的影响程度, W_i 代表第*i*个指标的权重, W_{ij} 代表的是第*i*个指标在第*j*个年份的权重

$$(2) \text{ 计算指标偏离度 } (D_{ij}): D_{ij} = 1 - Y_{ij} \quad (9)$$

D_{ij} 表示单项指标与土地生态安全评价结果之间的差距, Y_{ij} 代表第*i*个指标在第*j*个年份数据标准化后的数值

(3) 计算单指标障碍度 (h_i):

$$h_i = \frac{D_{ij} * C_j}{\sum_{j=1}^{10} (D_{ij} * C_j)} * 100\% \quad (10)$$

h_i 表示单项指标对土地生态安全的影响

$$(4) \text{ 子系统障碍度 } (H_i): H_i = \sum h_i \quad (11)$$

H_i 表示子系统对土地生态安全的影响

三、重庆市土地生态安全水平分析

1. 重庆市土地生态安全压力层分析

重庆市的土地压力状态呈现波动上升的态势, 从2012年的0.16增长到2021年的0.27, 其中最主要的原因是人口密度的增大、城市化水平的提高和生活垃圾清运量的增多。2012-2014年期间, 人口密度不断增大, 从而导致土地生态环境压力与日俱增。而在2014-2016年, 生活垃圾清运量从58.03万吨增长到96.07万吨, 对土地生态环境施加的压力相对减轻, 压力层数值达到最低值0.15。2016年后, 虽然化肥用量和农药用量都有所

减少, 减轻了土地生态的压力, 但是人口密度依旧在增大、城市化水平不断提高, 进一步使得重庆市2020年的土地压力层指标达到顶峰状态为0.33, 表示土地资源经济环境的压力在与日俱增。而2021年又有所回落, 主要原因是生活垃圾清运量从2020年的172.11万吨减少至116.99万吨。

2. 重庆市土地生态安全状态层分析

在状态指标中, 自然保护区面积、森林覆盖率和粮食产量三个指标起着重要作用。土地状态层评价数值在2012-2015年处于平稳状态, 2015年之后呈现一定的波动, 分为三个阶段: 2015-2017年土地生态安全状态指标开始幅度上升, 达到0.18, 这是因为自然保护区面积和森林覆盖率的增大; 第二阶段为2017-2020年, 该阶段土地生态安全状态指标下降, 在2020年达到0.08, 主要原因是自然保护区面积由2017年的16.08万公顷减少至2020年的13.69万公顷, 以及森林覆盖率下降至21.27, 说明当地的土地生态环境遭到了一定的威胁; 第三阶段2021年大幅度回升, 是由于其人均公园面积的增大改善了当地的土地生态环境。总体来看, 重庆市的土地生态安全系统状态指数波动起伏较大, 容易受到单个因素的变化而变化。

3. 重庆市土地生态安全综合评价

依据测算出的土地生态安全综合指数, 并按照表2确定的等级标准和安全程度, 结果如表3所示。

表3 土地生态安全等级判别标准

Table3 Land ecological security grade discrimination standard

安全度	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
综合指数	0.3263	0.3712	0.3877	0.3955	0.4343	0.4668	0.4669	0.5379	0.5643	0.6303
等级	III	IV	IV	IV						
安全程度	临界安全	较安全	较安全	较安全						

2012-2021年重庆市的土地生态安全综合评价数值总体上呈现上升趋势, 说明生态系统质量在逐渐好转。2012-2018年一直处于临界安全状态, 2019-2021年上升为较安全状态, 表明了重庆市的土地生态环境从遭受到一部分破坏转向了拥有较为完善的土地生态系统, 可抵抗外界大多数的干扰。分析原因有以下几点, 随着中部崛起、长江经济带、一带一路、长江中游城市群等国家重大区域战略的实施, 改革发展带来了极大的效益, 促进地区经济快速发展; 同时重庆市环境保护面临着重大转型和改善机遇, 而2016年以来开展的“十三五”规划, 政府进一步控制了污染物排放总量、完善了环境风险防控体系, 并且推进生态文明建设, 注重了“发展”和“绿色”之间的平衡, 致使生态环境得到改善, 土地

利用更加合理, 所以土地生态系统在逐渐恢复。

四、总结

通过对重庆市2012-2021年的研究分析, 发现其土地生态安全水平呈不断提升的状态, 这得益于城市发展的同时, 注重政策引导, 不断加强生态保护, 对污染源、排放过程和环境介质依法统一监管。在今后的发展上, 要保持政府的导向作用, 优化产业结构, 提倡土地的高效集约利用, 更好地实现土地生态的可持续发展。

参考文献:

[1]李玉平, 蔡运龙. 河北省土地生态安全评价[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2007, 53(6): 784-789.
[2]陆威, 赵源, 冯薪霖, 等. 土地资源生态安全研究综述[J]. 中国农学通报, 2016, 32(32): 88-93.