

青岛市水土保持生态安全评价研究

陈婷婷, 张代民, 孙希华 (1. 山东师范大学人口·资源与环境学院, 山东济南250014; 2. 青岛市水利局, 山东青岛266071)

摘要 在生态安全评价压力-状态-响应概念模型指导下, 以青岛市为研究区, 从水土保持角度, 综合运用熵权法和GIS的先进技术, 进行了青岛市生态安全评价研究。研究表明, 青岛市的生态安全表征状态以一般为主, 生态安全水平有待进一步提高。在分析的基础上, 提出了青岛市生态安全的发展模式, 为青岛市控制水土流失、建设良好生态提供依据。

关键词 青岛市; 生态安全; 熵权法; 发展模式

中图分类号 S157 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)09-03857-03

Study on the Ecological Security Evaluation of Soil and Water Conservation in Qingdao

CHEN Ting-ting et al (College of Population Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014)

Abstract In this research the Entropy Method and GIS' advanced technology was applied to study the ecological security from the angle of soil and water conservation, based on the Qingdao being taken as the investigation region under the guidance of model of ecological security evaluation, namely, State-Pressure-Response. The results showed that the level of ecological security was mainly about general which accounted for 39.96% of the total investigation region. Based on the analysis, the development mode of ecological security was expounded to provide the evidence for controlling soil erosion for the construction of a good ecology in Qingdao.

Key words Qingdao; Ecological security; Entropy Method; Development mode

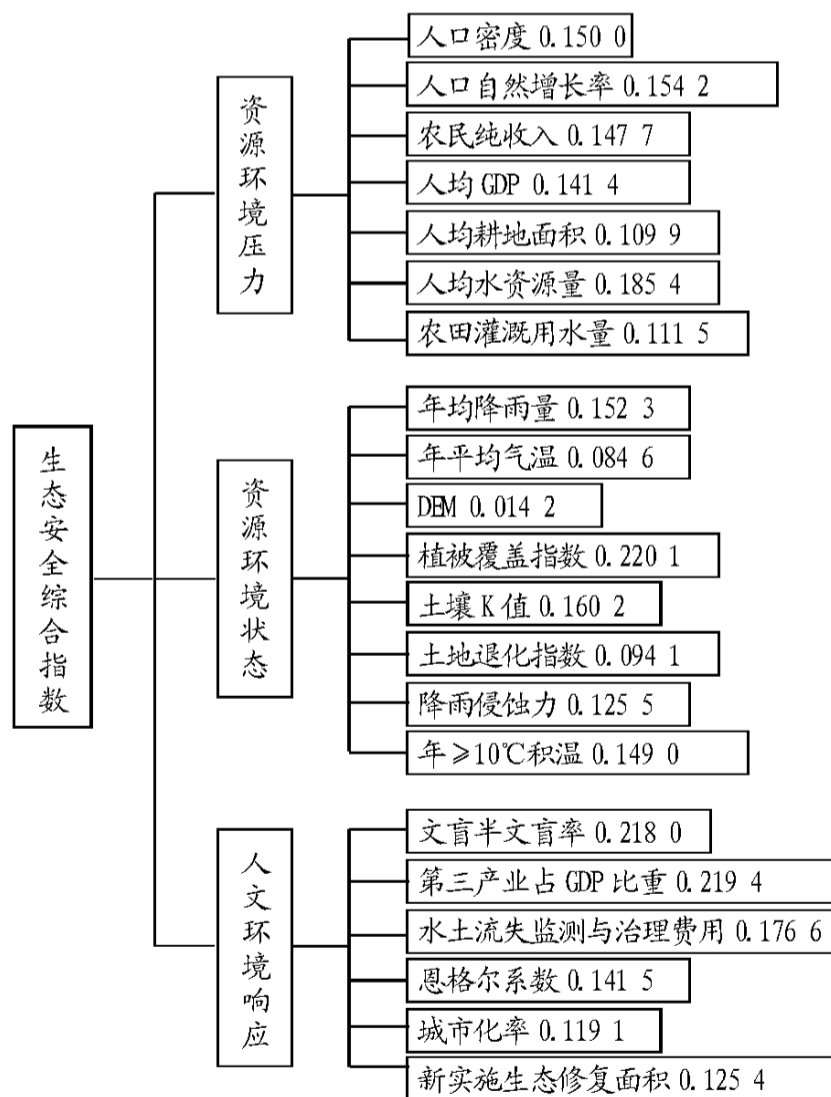
生态安全是21世纪人类社会可持续发展面临的一个新主题, 一般指一个国家或地区的生态环境资源状况能持续满足社会经济发展需要, 社会经济发展不受或少受来自于资源和生态环境的制约与威胁的状态^[1]。青岛市包括4个市区、3个郊区、5个县级市, 总面积10 990 km²。青岛市南部山区、中部山区和北部山区是水土流失相对比较严重的地区, 长期以来水土流失的发生和发展, 造成土地切割破碎、自然植被退化、生物多样性破坏、土地质量下降、水资源耗损、生态系统功能衰减等, 形成了特殊的侵蚀环境。笔者通过测度青岛市生态安全综合指数, 利用地理信息系统专业软件的空间分析功能, 寻求青岛市水土保持生态安全的一般规律, 提炼出生态安全的发展模式, 对控制水土流失、建设良好生态具有十分重要的意义。

1 生态安全评价模型选择和指标体系构建

生态安全评价模型主要指各种数学、生态等模型在生态安全评价中的广泛应用。通过建立水土流失基础数据库, 利用遥感技术快速调查评价因子, 并结合经济社会评价因子, 在GIS环境下开发空间型水土流失生态安全评价模型系统, 进行生态安全的评价与统计分析。具体数学模型采用经济合作与开发组织(OECD)与联合国环境规划署(UNEP)共同提出的环境指标PSR概念模型, 即压力(Pressure)-状态(State)-响应(Response)模型。在PSR框架模型内, 某一类生态环境问题由3个不同但又相互联系的指标类型来表达: 压力指标指人类的经济社会活动对环境的直接压力因子, 反映人类活动对环境造成的负荷; 状态指标指自然环境当前的状态或趋势, 表征环境质量、自然资源与生态系统的状况; 响应指标表征人类面临环境问题所采取的对策与措施, 其内容在社会处理环境问题的过程中不断发展。

按照系统性、代表性、实用性和可比性的原则, 综合考虑目前国内外有关生态安全评价的各种方法, 以水土保持为切

入点, 选取21个指标, 构建了3个层次的生态安全评价指标体系(图1)。其中, 第一层次是目标层, 即生态安全评价综合指数; 第二层次是项目层, 包括资源环境压力、资源环境状态、人文环境响应; 第三层次是指标层, 即每一个评价项目由哪些具体指标来表达。



注: 图中数字为各评价指标的权重。

图1 生态安全评价指标体系

Fig.1 Ecological security evaluation index system

2 生态安全综合指数的量化处理

2.1 数据标准化处理 在地理信息系统软件ArcGIS的GRID模块支持下, 利用其数学运算功能, 将选定的指标进行正规化标准化处理。在实际中, 由于考虑因子较多或数据差距较大, 为了客观评价各因子的影响, 可进行适当的数据转换, 转换后的数据X_i越大, 此因子对区域生态安全的作用越

大。当因子 X_i 值与生态安全成正相关时使用公式(1);当因子 X_i 值与生态安全成反相关时使用公式(2)。

$$X_i = (X_i - X_{i\min}) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (1)$$

$$X_i = (X_{i\max} - X_i) / (X_{i\max} - X_{i\min}) \quad (2)$$

式中, X_i 表示第 i 个指标的标准化值, X_i 表示第 i 个指标的初始值, $X_{i\min}$ 、 $X_{i\max}$ 分别表示第 i 个指标在研究区内的最小值和最大值。

2.2 指标权重的确定 目前各评价指标的权重一般根据评价者的主观认识来确定,尽管权重是按评价指标对研究对象的贡献度来确定,但由于不能充分考虑各指标提供的信息量,人为给出的权重往往缺乏客观依据,不能完全反映研究对象的实际情况。而熵权法作为一种客观综合评价方法,主要根据各指标传递给决策者的信息量大小来确定其权数^[2],在很大程度上克服了评价指标没有统一标准的问题。

熵权法的基本原理是:假设研究对象由 m 个区域组成,反映区域的评价指标有 n 个,分别为 x_{ij} ($i=1, \dots, m; j=1, \dots, n$),则第 j 个指标的信息熵是:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^m x_{ij} \ln x_{ij} \quad (3)$$

式中 $k > 0$ 、 $k = 1/\ln m$, 标准化后的 0 用 0.000 1 代替,第 j 个指标的权重为:

$$w_j = (1 - E_j) / \sum_{j=1}^n (1 - E_j) \quad (4)$$

按公式 3.4 计算得到各评价指标的权重(图 1)。

2.3 综合指数计算 资源环境压力、资源环境状态、人文环境响应 3 个项目相互影响、相互作用。对各个项目指数的计算采用了加权方法,然后利用几何平均法求出生态安全综合指数,公式如下:

$$\text{项目指数: } S_i = w_{ij} \quad (5)$$

$$\text{综合指数: } S = \sqrt[3]{S_i} \quad (6)$$

在 GIS 的支持下,指标模型法的实施步骤为:获取影响因子的分布图,统一于同一空间框架中,并转换为栅格数据;对各因子进行分级和标准化处理,得到因子得分图;利用 GIS 的空间分析功能,在栅格地理信息系统中,具体地说就是地图代数运算,计算影响因子综合得分,根据综合因子得分划分等级,并制作资源环境压力指数分布图、资源环境状态指数分布图、人文环境响应指数分布图^[3]。

3 青岛市生态安全评价

3.1 青岛市生态安全总体水平 在 ArcGIS 软件中,利用 Grid 模块,按公式计算得到青岛市的资源环境压力指数、资源环境状态指数和人文环境响应指数,其平均值依次为 0.398、0.563、0.359。在此基础上,进一步探讨基于水土保持角度的青岛市生态安全状况。为了明确其生态安全状况的地域分布,在综合研究国内外生态安全评判等级和生态城市建设标准的基础上,结合青岛市的具体情况设置了生态安全评判等级,拟定了 6 个生态安全区间及表征状态,将模型计算得到的生态安全指数对应于某个级别的生态安全状况(表 1),从而对青岛市生态安全水平进行综合评价。

从表 1 可见,青岛市生态安全水平以一般为主,面积为 4 345.12 km²,占青岛市总面积的 39.96%;较差次之,面积为 3 085.64 km²,占青岛市总面积的 28.38%;一般及一般以下的

面积 7 653.12 km²,占青岛市总面积的 70.38%。因此,从总体上看,青岛市的生态安全水平有待进一步提高。

表 1 青岛市生态安全综合指数分级表

Table 1 Classification of comprehensive indices for ecological security in Qingdao City

等级 Grade	表征状态 Characterized state	生态安全综合 指数分级范围 Grade range of Comprehensive indices for ecological security	面积 km ² Area	面积百分比 % Area percentage
	恶劣 Severe	< 0.35	222.36	2.04
	较差 Worse	0.35 ~ 0.40	3 085.64	28.38
	一般 General	0.40 ~ 0.45	4 345.12	39.96
	较好 Better	0.45 ~ 0.50	2 737.76	25.18
	良好 Well	0.50 ~ 0.55	203.96	1.88
	理想 Perfect	> 0.55	279.36	2.57

3.2 不同地区生态安全指数等级 计算表明(表 2),青岛市各区市生态安全综合指数为 0.304 ~ 0.689,平均 0.424。有 6 个区市均值小于青岛市 0.424 的平均值,按均值由小到大依次为胶州市、胶南市、黄岛区、莱西市、城阳区和即墨市;有 3 个区市的平均值在 0.424 以上,由大到小依次为崂山区、市内 4 区和平度市,这些地区是生态安全相对较好的地区。

3.3 不同地区生态安全水平与格局 为了更明晰地说明不同地区的生态安全水平,利用 ArcGIS 交叉分类功能将市区界线图与生态安全综合指数分类图进行复合运算,得到各市、区生态安全指数类型结果(表 2)。从各市、区生态安全综合指数水平的比重来看,以较好水平为主的市、区有 2 个,为市内 4 区和平度市;以理想水平为主的是崂山区;城阳区和即墨市以一般水平为主;胶州市和胶南市以较差水平为主,而黄岛区、莱西市的生态安全等级中,较差和一般比重持平。

表 2 还可明确反映出青岛市不同地区的生态安全水平格局:安全水平恶劣的主要分布在胶州市,其面积占研究区该水平总面积的 98.90%,但相对于整个青岛市而言,处于恶劣水平的面积微乎其微。安全水平较差的主要分布在胶南市、胶州市和莱西市,其面积之和占研究区该水平总面积的 91.66%,主要原因在于胶州市和莱西市两个城市的资源环境状态相对较差、资源环境压力较大,而胶南市的人文响应显著程度不高。安全水平一般的主要位于青岛市中东部、西部和中南部,分布在即墨市、莱西市、胶南市、平度市和城阳区等,其面积之和占研究区该水平总面积的 94.90%。安全水平较好的主要分布在平度市东部和市内 4 区,其面积之和占研究区该水平总面积的 95.04%,资源环境状态较好、人文响应积极。安全水平良好的主要分布在平度市大泽山地区和崂山区,其面积之和占研究区该水平总面积的 99.53%。安全水平理想的主要分布在崂山区,其面积占研究区该水平总面积的 99.21%。崂山区的资源环境压力小,森林覆盖率高,人文响应显著,因此安全水平高。

4 青岛市生态安全模式分析 在上述计算分析的基础上,得到青岛市各地区生态安全评价指数汇总表(表 3)。因资源环境压力指数对于生态安全指数呈负相关,故资源环境压力指数越大,对应的压力表征状态就越小,对于生态安全水平而言就越安全。总结出 6 种生态安全模式:

表2 青岛市生态安全综合指数及类型分布面积表

Table 2 Comprehensive indices for ecological security and type area distribution in Qingdao

市区名称	生态安全指数	排序	恶劣	较差	一般	较好	良好	理想
Name	Ecological security index	Sort	Severe	Worse	General	Better	Well	Perfect
崂山区 Laoshan District	0.577	1	0.00	0.00	0.20	0.28	88.84	277.16
市内四区 four districts of city	0.459	2	0.08	0.12	26.68	152.00	0.40	1.00
平度市 Pingdu	0.458	3	0.60	2.08	592.32	2 449.96	114.16	0.00
即墨市 Jimo	0.421	4	0.04	4.48	1 741.12	70.60	0.04	0.24
城阳区 Chengyang District	0.411	5	0.36	154.80	311.28	52.48	0.40	0.96
莱西市 Laixi City	0.402	6	0.00	808.84	742.56	2.48	0.08	0.00
黄岛区 Huangdao District	0.401	7	0.00	95.96	78.36	0.92	0.00	0.00
胶南市 Jiaonan City	0.399	8	1.36	1 063.68	736.00	9.04	0.00	0.00
胶州市 Jiaozhou City	0.369	9	219.92	955.68	116.60	0.00	0.04	0.00
合计 Total			222.36	3 085.64	4 345.12	2 737.76	203.96	279.36
比重 Share			2.04	28.38	39.96	25.18	1.88	2.57

4.1 强均衡-高安全水平模式 代表地区为崂山区。该模式的特点是:经济、社会较发达,注意社会人文资源的开发利用,注意保护自然生态环境,因此,其效益较高,资源环境压力小、资源环境状态良好,生态安全水平高。

4.2 资源环境、人为联合驱动-高安全水平模式 代表地区为市内4区和平度市。该模式的特点是:经济、社会发展好,对生态安全施加了较强的负面用,但其人文响应能力强、资源环境状态好,生态安全水平较高。

表3 青岛市生态安全评价指数汇总

Table 3 Summary of evaluation indices for ecological security in Qingdao

地区名称	压力指数	状态指数	响应指数	综合指数
Name	Pressure index	State index	Response index	Comprehensive index
市内4区	0.258	0.582	0.641	0.459
Intra city four districts				
城阳区	0.443	0.568	0.278	0.411
Chengyang District				
崂山区	0.702	0.631	0.436	0.577
Laoshan District				
黄岛区	0.429	0.503	0.302	0.401
Huangdao District				
莱西市	0.346	0.528	0.355	0.402
Laixi City				
平度市	0.447	0.576	0.426	0.458
Pingdu City				
即墨市	0.354	0.593	0.357	0.421
Jimo City				
胶州市	0.228	0.496	0.347	0.369
Jiaozhou City				
胶南市	0.458	0.577	0.242	0.399
Jiaonan City				

4.3 低压力-中等安全水平模式 代表地区为城阳区和黄岛区。该模式的特点是:资源环境状态相对较差,资源环境压力较小,但资源环境投入少贡献也少,人文响应能力有待

加强,生态安全处于中等水平。

4.4 高压力-中等安全水平模式 代表地区为即墨市和莱西市。该模式的特点是:资源环境状态较好,生态安全建设投入较多,人文响应能力尚可,但资源环境压力相对较大,生态安全处于中等水平。

4.5 高压力-低等安全水平模式 代表地区为胶南市。该模式的特点:资源环境状态较好,但人口压力较大导致对资源环境的压力大,而人文响应能力不强,生态安全水平低。

4.6 资源环境抑制-低等安全水平模式 代表地区为胶州市。该模式的特点是:资源环境状态较差,对生态安全起负面作用,资源环境的压力较大、人文响应能力不强,生态安全处于低等水平。

5 结语

生态安全评价是现代生态经济学领域的一项重要研究内容。在压力-状态-响应概念框架模型的指导下,用熵权法定量化地测度了青岛市生态安全状况,丰富和发展了区域生态安全评价方法。熵权法在很大程度上解决了区域生态安全评价研究中无法准确确定评价指标权重的问题,减少了人为主观性对评价过程的干扰,使评价结果能更为准确地反映区域客观实际情况,从而为区域生态环境管理提供更为科学的决策依据。其次,综合运用遥感和GIS的先进技术,在分析与评价模型的基础上,可以对具有时空变化特点的青岛市生态安全状况进行分析,反映生态安全格局,提炼其发展模式,快速、准确且时效性好、可操作性强,值得提倡。

参考文献

- [1] 左伟,周慧珍,王桥.区域生态安全评价指标体系选取的概念框架研究[J].土壤,2003(1):2-7.
- [2] 贾艳红,赵军,南忠仁,等.熵权法在草原生态安全评价研究中的应用[J].干旱区资源与环境,2007,21(1):17-21.
- [3] 孙希华.基于GIS的济南市山丘区土壤侵蚀潜在危险度评价研究[J].水土保持学报,2003,17(6):47-50.