

肥城市土地生态系统安全评价研究

魏宁宁¹,李文海¹,孙晓芳²

(1.肥城市国土资源局,山东 肥城 271600;2.曲阜师范大学地理与旅游学院,山东 日照 276826)

摘要:在分析土地生态系统安全内涵的基础上,以肥城市为研究区域,选取24个指标构建土地生态系统安全评价指标体系,采用熵值法、综合指数法和GIS相结合的方法,对肥城市2000—2013年的土地生态系统安全状况进行分析。研究表明:14年来,肥城市土地生态系统安全状况处于波动状态,土地生态系统安全面临着诸多压力。最后提出了提高土地生态系统安全状况的对策建议。

关键词:土地生态系统;安全状况评价;肥城市

中图分类号:F293.2

文献标识码:B

引文格式:魏宁宁,李文海,孙晓芳.肥城市土地生态系统安全评价研究[J].山东国土资源,2016,32(4):46-50.WEI Ningning, LI Wenhai, SUN Xiaofang. Evaluation of Land Ecological System Security in Feicheng City[J]. Shandong Land and Resources, 2016,32(4):46-50.

0 引言

土地生态系统是区域生态系统的重要组成子系统,其安全状况关系到区域经济发展的速度、社会的稳定和生态环境保护的力度^[1]。近年来,随着我国工业化和城镇化的快速发展,土地利用强度已达到甚至超过区域生态承载力,导致区域土地利用的不可持续和土地生态系统安全状况的恶化,威胁着区域的可持续发展。因此,如何对区域土地生态系统安全状况进行全面评价,发出区域土地生态系统安全警报,以便及时准确发现区域的土地生态系统安全问题^[2],并采取有效的对策,实施有效的土地生态安全规划和保护,从而促进区域社会、经济与自然环境的和谐发展成为当前研究的一个重要领域。

肥城市地处山东中部、泰山西麓,是资源丰富的鲁中宝地,闻名中外的肥桃之乡,既是山东省矿产资源的高富集区,也是土地生态环境的脆弱区。作为我国知名的国家园林城市,该区的土地生态系统安全状况直接关系到区域社会、经济与自然环境的可持续发展。该研究对2000—2013年肥城市土地生态系统安全状况进行了全面评价,准确找出了影响该地区土地生态系统安全的重要因素,并采取有效

的对策,逐步改善了土地生态系统安全状况,同时也为其他地区的相关研究提供了理论思路和实践借鉴。

1 土地生态系统安全的内涵

土地生态系统安全的概念来源于国内外学者对于生态系统安全的研究,尽管针对土地生态系统安全的内涵尚未有统一的定义,但纵观国内外学者对土地生态系统安全内涵的研究存在两种观点,一种观点认为,土地生态系统安全是指系统自身的结构完整、功能完善的平衡状态^[3-5]。另一种观点认为,土地生态系统安全不仅是保持自身的结构完整和功能完善,还能对人类社会可持续发展提供稳定的资源保障^[6-8]。土地生态系统本身是一个复合的系统,不仅包括自然、环境等子系统,还包括经济、社会等子系统,其土地生态系统安全也应该是一个复合的概念,因此笔者认为,土地生态系统安全是指:土地生态系统本身在受到外界干扰时能够通过自净功能保持自身结构完整和功能完善的一种平衡状态,并能对人类经济社会的可持续发展提供稳定的支持。

收稿日期:2015-04-24;修订日期:2015-05-22;编辑:曹丽丽

作者简介:魏宁宁(1987—),男,山东济宁人,主要从事国土资源管理工作;E-mail: aiwowo1112@163.com

2 土地生态系统安全评价指标体系与评价模型

2.1 评价指标体系的构建

该文结合指标数据选取的科学性、代表性和可操作性等原则,运用文献调研法,参考国内外相关研究成果,从自然、经济、社会和环境 4 个方面,构建了土地生态系统安全评价指标体系(表 1)。

表 1 土地生态系统安全评价指标体系

| 目标层 | 准则层指标 (权重) | 指标层因子 (单位) | 权重 | 指标性质 |
|-----------------------|---------------|--|--------|------|
| 土地自然生态子系统 (0.3161) | | X_1 : 人均耕地面积 (hm^2) | 0.0668 | + |
| | | X_2 : 耕地面积比重 (%) | 0.0368 | + |
| | | X_3 : 森林覆盖率 (%) | 0.0659 | + |
| | | X_4 : 水域面积比重 (%) | 0.0421 | + |
| | | X_5 : 采矿塌陷土地面积比重 (%) | 0.0594 | - |
| | | X_6 : 耕地有效灌溉率 (%) | 0.0451 | + |
| 土地经济生态子系统 (0.3045) | | X_7 : 人均 GDP (元/人) | 0.0602 | + |
| | | X_8 : 城镇居民人均可支配收入 (元/人) | 0.0465 | + |
| | | X_9 : 农民人均纯收入 (元/人) | 0.0510 | + |
| | | X_{10} : 单位面积粮食产量 (T/hm^2) | 0.0471 | + |
| | | X_{11} : 经济密度 (万元/ km^2) | 0.0532 | + |
| | | X_{12} : 第三产业在 GDP 中的比重 (%) | 0.0445 | + |
| 土地社会生态子系统 (0.1703) | | X_{13} : 人口自然增长率 (‰) | 0.0233 | - |
| | | X_{14} : 人口密度 (人/ km^2) | 0.0217 | - |
| | | X_{15} : 城镇化水平 (%) | 0.0443 | - |
| | | X_{16} : 登记失业率 (%) | 0.0172 | - |
| | | X_{17} : 建成区绿化覆盖率 (%) | 0.0315 | + |
| | | X_{18} : 农业机械化 (kW/hm^2) | 0.0323 | + |
| 土地环境生态子系统 (0.2091) | | X_{19} : 万元 GDP 能耗标准煤 (t) | 0.0274 | - |
| | | X_{20} : 环保治理投资占 GDP 比例 (%) | 0.0352 | + |
| | | X_{21} : 单位面积农村化肥施用量 (kg/hm^2) | 0.0435 | - |
| | | X_{22} : 单位面积农药施用量 (kg/hm^2) | 0.0324 | - |
| | | X_{23} : 工业废水排放达标率 (%) | 0.0361 | + |
| | | X_{24} : 水土流失治理率 (%) | 0.0345 | + |

2.2 评价指标基准值

评价指标基准值就是假定当区域的生态环境处于理想状态时,表征其土地生态系统状况的各项指标所显示的数值^[9]。该文对土地生态系统安全的评定就是先确定各指标的基准值,然后将各评价指标与基准值之间的差距采用一定的方法进行综合计算,从而得到安全指数。

该研究指标基准值确定的原则为:对于国际、国家公认的指标标准,以公认值为准;若涉及我国生态、环保等考核标准,如《生态县、生态市、生态省建设指标》,则以考核标准为准;若某项指标指标值差异较大,则以省均值或者省内相关规划要求为标准。

2.3 评价指标标准化

为消除各项评价指标计量单位和性质不同带来的不可比性,需要先对样本数据进行标准化处理,将其转化到 $[0, 1]$ 区间内。

设 X_i 为第 i 个指标的实际值, Z_i 为第 i 个指标的基准值, Y_i 为第 i 个指标的标准化数值,则:正安全趋向性指标:当 $X_i \geq Z_i$ 时, $Y_i = 1$;当 $X_i < Z_i$ 时, $Y_i = X_i/Z_i \times 100\%$;负安全趋向性指标:当 $X_i \leq Z_i$ 时, $Y_i = 1$;当 $X_i > Z_i$ 时, $Y_i = X_i/Z_i \times 100\%$ 。

2.4 权重的确定

该文采用熵值法确定指标权重,熵值法能够克服人为赋权值的主观性和多指标变量间信息重叠的影响,能较客观地反映各指标对评价目标的影响程度。其基本原理如下^[10],选取 m 个评价指标, n 个被评价对象, X_{ij} 则为第 i 个评价对象的第 j 个指标的数值 ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$)。

计算第 j 项指标下第 i 个评价对象占该指标的比重:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}}, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m)$$

计算第 j 项指标的熵值:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}),$$

式中: $k = \frac{1}{\ln n}$, $e_j \geq 0, k > 0$

计算第 j 项指标的差异系数。对第 j 项指标,指标值的差异越大,对目标评价的左右就越大,熵值就越小,定义差异系数:

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - E_e}$$

式中: $E_e = \sum_{j=1}^m e_j, 0 \leq g_j \leq 1, \sum_{j=1}^m g_j = 1$

求权重:

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} (0 \leq j \leq m)$$

2.5 评价方法

该研究运用多目标综合评价法来求取土地生态系统安全综合指数。多目标综合评价法是以评价样本的作用因素和因子为评价指标,再运用适当的模式进行数据量化等处理的一种定量描述复杂现象的

方法^[11]。计算公式为:

$$S_i = \sum_{j=1}^m x'_{ij} W_j, (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中: S_i 为第 i 个评价样本的综合指数; x'_{ij} 为第 i 个评价样本在第 j 项指标上的标准化值; W_j 为第 j 项指标的权重; i 为评价样本个数($i = 1, 2, \dots, n$); j 为指标个数($j = 1, 2, \dots, m$)。

3 肥城市土地生态系统安全评价

3.1 研究区概况

肥城市属暖温带、半湿润季风气候区,年平均气温 12.9℃,无霜期 200 d 左右,年日照时数为 2 607 h,年平均降雨量 659 mm。2013 年全市总土地面积 1 277.31 km²,其中:平原面积 593.96 km²,占总土地面积的 46.5%;山地面积 429.17 km²,占土地总面积的 33.6%;丘陵面积 254.18 km²,占土地总面积的 19.9%。2013 年底,全市总人口 96.85 万人,实现国内生产总值 521.54 亿元,全社会固定资产投资达 290.13 亿元。2000 年以来,研究区的人口快速增加,经济发展水平大幅提高,人类经济活动对土地利用强度的增加导致土地生态系统安全问题突出。

3.2 数据获取

考虑到肥城市土地生态系统安全数据的可获得性和可操作性,研究数据来源于《肥城市 2000—2013 年统计年鉴》、《泰安市 2000—2013 年统计年鉴》、《山东农村 2000—2013 年统计年鉴》、《山东省土地利用总体规划(2006—2020 年)》山东省土地利用现状数据集、山东省环境状况公报。

3.3 评价标准

根据国内外有关标准及相关文献^[12-14],将肥城市土地生态系统安全水平以非等间距的形式划分为 5 个等级(表 2)。

表 2 土地生态系统安全评价标准

| 类型 | 恶劣级 I | 风险级 II | 敏感级 III | 良好级 IV | 安全级 V |
|-------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 综合评价值 | [0~0.3] | (0.3,0.5] | (0.5,0.7] | (0.7,0.9] | (0.9~1.0] |

3.4 土地生态系统安全评价结果与分析

依据土地生态系统安全评价计算方法,得到肥城市 2000—2013 年土地生态系统安全指数(表 3、图 1)。

表 3 2000—2013 年肥城市土地生态系统安全指数变化

| 年份 | 土地自然生态子系统 | 土地经济生态子系统 | 土地社会生态子系统 | 土地环境生态子系统 | 土地生态系统 | 土地生态系统等级 |
|------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|----------|
| 2000 | 0.1159 | 0.1714 | 0.0916 | 0.0943 | 0.4732 | II |
| 2001 | 0.1153 | 0.1831 | 0.0923 | 0.0958 | 0.4865 | II |
| 2002 | 0.1232 | 0.1945 | 0.0935 | 0.0983 | 0.5095 | III |
| 2003 | 0.1252 | 0.2034 | 0.0947 | 0.0944 | 0.5177 | III |
| 2004 | 0.1282 | 0.2053 | 0.0925 | 0.0974 | 0.5234 | III |
| 2005 | 0.1345 | 0.2133 | 0.0938 | 0.0935 | 0.5351 | III |
| 2006 | 0.1348 | 0.2105 | 0.0855 | 0.0930 | 0.5238 | III |
| 2007 | 0.1254 | 0.2156 | 0.0833 | 0.0914 | 0.5157 | III |
| 2008 | 0.1153 | 0.2012 | 0.0894 | 0.0924 | 0.4983 | II |
| 2009 | 0.1145 | 0.2084 | 0.0882 | 0.1064 | 0.5175 | III |
| 2010 | 0.1164 | 0.1842 | 0.0852 | 0.1040 | 0.4898 | II |
| 2011 | 0.1245 | 0.2063 | 0.0967 | 0.1008 | 0.5283 | III |
| 2012 | 0.1254 | 0.2172 | 0.1014 | 0.1065 | 0.5505 | III |
| 2013 | 0.1255 | 0.2332 | 0.1024 | 0.1053 | 0.5664 | III |

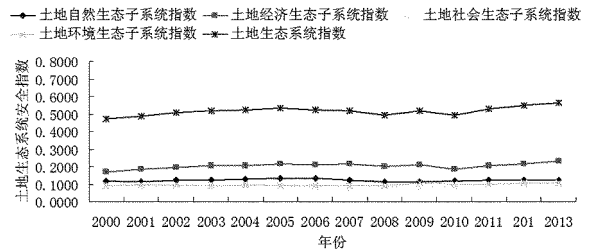


图 1 2000—2013 年肥城市土地生态系统安全指数变化

3.4.1 土地自然生态系统安全指数分析

从表 3 和图 1 可以看出,2000—2013 年间肥城市土地自然生态子系统指数呈波浪式交替增减,自然生态子系统指数最小值为 2001 年的 0.115 3,最大值为 2006 年 0.134 8,均值为 0.123 6。2000—2006 年,土地自然生态子系统指数呈现逐渐增加的趋势,主要归因于对后备土地资源的开发,增加了有效耕地面积,加大植树造林,提高了森林覆盖率,同时因地制宜的对采矿塌陷土地进行有效治理。2007—2010 年,肥城市城市化进程进入快速发展阶段,人口急速增长,盲目的城市扩张,占用了大量的耕地和林地,破坏了土地生态系统的自然环境,这一阶段的土地自然生态子系统呈逐渐下降的趋势。2011—2013 年,耕地面积下降的趋势得到了遏制,同时森林覆盖率逐渐提高,土地自然生态子系统逐渐好转,这期间政府加大对污染河流的治理也是土地自然生态子系统好转的重要原因。

3.4.2 土地经济生态系统安全指数分析

由表 3 和图 1 可以看出,2000—2013 年,肥城

市土地经济生态子系统指数整体上呈现逐渐增加的趋势,除了 2009—2010 年,世界金融危机期间,肥城市的土地经济生态子系统有所下降外,其他年份都是逐年增加的。14 年来,肥城市的人均 GDP 增加了 80%,土地经济生态子系统增加了 36%,肥城市的经济水平位居山东省各县(市、区)前列,但是在经济水平显著增加的同时,也能明显的发现肥城市的土地资源利用结构和产业结构不合理,产业结构比较单一,经济增长过分依赖资源产业和重化工业,第二产业在三次产业结构中占较大比重,据统计,2013 年肥城市三次产业结构比例为 8:58:34,第二产业比例高于全省平均水平。由于过度依赖“高投入、高消耗、高排放”的增长方式,已经导致资源枯竭、环境破坏、生态失衡等危机,严重影响该区域经济社会的可持续发展,因此,以转变经济增长方式,推进产业结构优化升级,提高自主创新能力为战略方针,不仅重视资源的开发利用,更应重视资源的节约、高效利用和保护,要在发展传统资源产业的同时发展接续产业,促进第三产业发展,培养新的主导产业,努力实现产业结构由一元化结构向多元化结构转变。

3.4.3 土地社会生态系统安全指数分析

土地社会生态子系统指数在 14 年间出现波浪式交替增减,但变化幅度不大,基本保持稳定态势。土地社会生态子系统指数最大值为 2013 年的 0.102 4,最小值为 2007 年的 0.083 3,均值为 0.092 9。人口密度和人口自然增长率指标 14 年来变化不大,基本保持稳定,城镇化水平和农业机械化水平呈现快速增长态势,登记失业率指数 2000—2005 年呈现增加,2006—2010 出现下降,2011—2013 年又出现小幅增加,整体上呈现出波浪式交替增减。

3.4.4 土地环境生态系统安全指数分析

土地环境生态子系统指数经过了前期的平稳状态后,2008 年以后出现了增加。2009 年肥城市为了创建国家园林城市,加大了环保治理投资,降低煤炭的使用量,加强对工业“三废”尤其是工业废水的治理,同时调整农业施肥结构,指导农户采用科学配方,提高化肥、农药的利用效率,减少因过度施肥与喷药可能会造成的土壤污染、水体污染以及此生污染的发生;在水土流失方面,肥城市通过兴修水利设施以及河道整治等项目,达到涵养水土的目的。这

些措施有效地改善了土地环境生态系统,所以 2008 年以后环境生态系统指数增加。

3.4.5 土地生态系统安全指数分析

由表 3 和图 1 可以看出,14 年来,肥城市土地生态系统安全综合指数总体呈现波动性,2000—2006 年肥城市土地生态系统安全综合指数总体呈波动性上升,由“风险级”上升为“敏感级”,土地生态系统安全状况逐渐好转,但土地生态系统安全综合指数存在波动反复现象。人均 GDP、单位面积粮食产量的增加,单位面积化肥、农药与人口自然增长率的降低,是这阶段肥城市土地生态系统安全状况改善的主要原因。2007—2010 年肥城市土地生态系统安全综合指数从 0.515 7 下降到 0.489 8,下降为了“风险级”,主要原因是人均耕地面积逐年递减,城镇化水平的快速增加,以及金融危机对经济的影响等。2011—2013 肥城市加大了环保治理投资,加快了对采矿塌陷土地的综合整治,以及工业废水排放达标率、森林覆盖率与水土流失治理率不断提高,土地生态系统状态有所改善,肥城市土地生态系统安全综合指数从 2010 年的 0.489 8 上升为 2013 年的 0.566 4,是十四年的最高值。但是,肥城市的土地生态系统综合指数仍处于低水平,处于“敏感级”,土地生态系统安全压力依然存在。如何合理开发利用土地资源,不断提高土地生态系统的经济效益、社会效益和环境效益等综合效益,使人地关系向着和谐的方向发展,是需要深入考虑的问题。

4 结论

该文在国内外学者对土地生态系统安全研究的基础上构建了肥城市土地生态系统安全评价指标体系,并对肥城市 2000—2013 年的土地生态系统安全状况进行了实证研究。发现 14 年来肥城市土地生态系统安全状况处于明显波动状态:2000 年、2001 年土地生态系统安全状况处于“风险级”;2002—2007 年土地生态系统安全状况上升为“敏感级”;2008 年下降为“风险级”,2009 年上升为“敏感级”2010 年又下降为“风险级”,2011—2013 年土地生态系统安全状况处于“敏感级”。土地生态系统安全状况属于临界安全状态,土地生态安全压力尚未得到根本缓解。

从土地生态系统各子系统来看,各子系统对土地生态系统安全的影响也具有差异,肥城市土地生

态系统安全的威胁主要源于土地自然生态子系统和土地环境生态子系统,土地经济生态子系统对土地生态系统安全的限制作用逐渐减小,土地社会生态子系统对肥城市土地系统生态安全影响相对较小。因此,今后肥城市政府的努力方向应该是不断改善土地的自然环境系统,控制人口增长,严格保护耕地,减缓人地矛盾,大力发展生态农业,提高化肥、农药的利用效率,降低因过度施肥与喷药对土地生态环境的威胁,严格控制工业“三废”的排放,实行污染物排放总量控制,转变粗放式的土地利用模式,走内涵挖潜、集约利用的土地利用模式,以提高土地的人口承载力,实现土地资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] 孙丕苓,杨海娟,刘庆果.南水北调重要水源地的土地生态安全动态研究——以陕西省商洛市为例[J].自然资源学报,2012,27(9):1520-1530.
- [2] 汤洁,朱云峰,李昭阳,等.东北农牧交错带土地生态环境安全指标体系的建立与综合评价[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):119-124.
- [3] 郭凤芝.土地资源安全评价的几个理论问题[J].山西财经大学学报,2004,26(3):61-65.
- [4] 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,2005,12(5):271-273.
- [5] 刘勇,刘友兆,徐萍.区域土地资源生态安全评价——以浙江嘉兴市为例[J].资源科学,2004,26(3):69-75.
- [6] 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):830-834.
- [7] 王楠君,吴群,陈成.城市化进程中土地资源安全评价指标体系研究[J].国土资源科技管理,2006,32(2):28-31.
- [8] 毛良祥.区域土地资源安全评价研究——以金坛市为例[J].国土与自然资源研究,2006,13(2):29-30.
- [9] 李冠英.海岛旅游地生态安全与旅游经济协调发展评价研究[D].南京:南京大学,2012.
- [10] 魏永东,温学飞,马锋茂,等.宁夏盐池县基于熵值法的耕地集约利用评价[J].中国农学通报,2011,27(32):160-164.
- [11] 罗永革,蒲春玲.基于改进熵值法对城市土地集约利用的评价——以奎屯市为例[J].现代商贸工业,2008,(7):105-110.
- [12] 吕建树,吴泉源,张祖陆,等.基于 RS 和 GIS 的济宁市土地利用变化及生态安全研究[J].地理研究,2012,30(4):195-200.
- [13] Nathan Fiala. Measuring sustainability: Why the ecological footprint is bad economics and bad environmental science[J]. Ecological Economics,2008,(67):519-525.
- [14] 李静,李子君,吕建树.聊城市土地生态安全评价[J].水土保持通报,2011,31(2):198-202.

Evaluation of Land Ecological System Security in Feicheng City

WEI Ningning¹, LI Wenhai¹, SUN Xiaofang²

(1. Feicheng Bureau of Land and Resources, Shandong Feicheng 271600, China; 2. Geography and Tourism Department of Qufu Normal University, Shandong Rizhao 276826, China)

Abstract: On the basis of analyzing the connotation of land ecological system security, taking Feicheng city as the study area and choosing 24 indicators, the evaluation index system of land ecological system security has been set up. By using entropy and aggregative index number method, combining with GIS technology, present condition of land ecological system security in Feicheng city from 2000 to 2013 has been analyzed. It is showed that security situation of the land ecological system in fourteen years has been fluctuating. Land ecological system security is facing a lot of pressure. Thus, relative countermeasures for enhancing security situation of the land ecological system has been put forward.

Key words: Land ecological system; evaluation of security situation; Feicheng city