

基于熵权物元模型的皖江城市带土地生态安全评价

荣慧芳¹, 张乐勤¹, 严超²

(1. 池州学院 资源环境与旅游系, 安徽 池州 247000; 2. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715)

摘 要:针对目前生态安全评价中信息屏蔽和主观性问题,运用熵权物元模型对皖江城市带的土地生态安全空间差异及其影响因子进行了研究。结果表明:(1) 皖江城市带土地生态安全等级可划分为“向理想安全转化”、“向临界安全转化”、“向较不安全转化”、“向极不安全转化”4 个等级,其中超过 88% 的区域处于临界安全及以下水平,土地生态安全整体状况不容乐观;(2) 皖江城市带土地生态安全状态整体稳定性较差,对于外界的干扰较为敏感;(3) 皖江城市带土地生态安全空间差异明显,西部优于东部,南部优于北部;(4) 单位土地工业废水负荷、自然保护区面积比重、人均水资源量、经济密度、环保支出占 GDP 比重、森林覆盖率是造成皖江城市带土地生态安全空间差异的主要影响因子。从而得出结论:熵权物元模型既能反映评价对象的稳定状态,也可以揭示单个评价指标的分异,评价结果较为全面客观地反映了研究区域的土地生态安全状况。

关键词:土地生态安全; 熵权; 物元模型; 皖江城市带

中图分类号:F301.24

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2015)03-0230-06

Evaluation on Ecological Security of Land in Wanjiang Urban Belt Based on Entropy Matter-Element Model

RONG Huifang, ZHANG Leqin¹, YAN Chao²

(1. Department of Resources & Environment and Tourism, Chizhou College, Chizhou, Anhui 247000, China; 2. School of Geographical Science, Southwest University, Chongqing 400715, China)

Abstract: Aiming at the problems of information shield and subjectivity of the evaluation of land eco-security in China, this paper analyzed the spatial difference and the main impact factor of land eco-security in Wanjiang Urban Belt based on the entropy matter-element model. The results indicated that: (1) the whole level of land eco-security in Wanjiang Urban Belt could be divided into four classes: ideal security, critical security, relative insecurity and serious insecurity, the quality of Wanjiang Urban Belt was poor as a whole, more than 88% of area was under the critical security level; (2) the stability of land eco-security in Wanjiang Urban Belt was poor, and was sensitive to external disturbance; (3) the spatial difference of land eco-security in Wanjiang Urban Belt was significant, the west was better than the east, the south was better than the north; (4) the main factors affecting land eco-security in Wanjiang Urban Belt were industrial effluent capacity per-unit area, the proportion of nature reserve area, water coverage of per capita, density of economy, the ratio of environment expenditure to GDP, forest coverage rate. In conclusion, the steady status and the discrete information of single factor could be described by matter-element model, and the evaluation results could reflect the actual situation of land eco-security comprehensively and objectively in this region.

Keywords: land eco-security; entropy weight; matter-element model; Wanjiang Urban Belt

土地生态安全是指一定时空范围内,土地生态系统能够保持自身结构、功能稳定或不受干扰的状态^[1]。土地生态安全作为生态安全的基石,是实现粮食安全、经济安全和社会安全的基础和保障。然而随

着社会经济的快速发展和土地资源的不合理利用,森林植被破坏、土壤污染、水土流失等生态问题日益突出,直接威胁着土地资源的生态安全,也制约了社会经济的可持续发展^[2]。土地生态安全问题不仅受到

决策者的重视,也成为当前学术界研究的热点。对区域土地生态安全进行科学评价,有助于了解土地健康状况,可为土地利用规划管理和土地生态安全预警提供科学依据,对于实现土地可持续利用具有重要的现实意义。

国外土地生态安全评价的研究主要围绕生态风险和生态系统健康展开,对于不同的生态系统,有不同的评价模型^[3]。国内土地生态安全评价研究尚处于实践和探索阶段。在评价指标模型上,运用较为广泛的主要有“压力—状态—响应”模型^[4-5]和“自然—经济—社会”模型^[6-7];在评价方法上,逐步从定性为主转为定量为主,物元模型^[1,7-8]、主成分分析法^[9-10]、综合指数法^[11]、生态足迹^[12-13]、RBF模型^[14]、BP神经网络^[15]等方法逐渐被运用到评价中,同时,随着空间信息技术的发展,基于GIS技术的土地生态安全评价方法正逐步发展起来^[16];在研究尺度上,省域尺度^[17-18]、地市级尺度^[19-20]以及生态敏感区^[2,21-22]均展开过实证研究。以上研究极大地丰富了我国土地生态安全评价的理论与方法,但也存在如下不足之处:第一,指标权重的计算大多采用层次分析法、特尔菲法等主观赋权法,客观赋权法采用的较少;第二,大多数学者关注的是某区域的土地生态安全在时间序列上的变化,而针对区域内部的空间差异进行研究的并不多;第三,已有研究倾向于以具体的省、市、县等单个行政级别为研究对象,而以城市带、都市圈等跨行政区域为研究对象的尚不多见。

皖江城市带位于长江下游安徽段区域,是首个获批复的国家级承接产业转移示范区,示范区的设立对于探索中西部地区承接产业转移新模式、深入实施中部地区崛起战略具有重要意义。随着产业转移步伐的快速推进,经济发展空间拓展与生态环境保护之间的矛盾日益突出,土地资源的不合理利用造成耕地污染加重、土地生态功能减弱等一系列环境问题。因此,科学评价皖江城市带的土地生态安全状况,对指导该地区土地持续利用行为,促进新型“三化”(新型城镇化、新型工业化、新型农业现代化)协调发展,特别是对承接产业转移进程中维护区域土地生态安全,进而实现经济社会的健康、持续发展具有重要现实意义。而目前在承接产业转移背景下,针对皖江城市带土地生态安全问题的分析研究未见报道。鉴于此,本文运用熵权物元模型对皖江城市带土地生态安全空间差异及其影响因素进行研究,并提出针对性的对策建议,以期对皖江城市带土地资源的合理开发利用提供科学依据,也可为类似区域的土地生态安全评价提供借鉴。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 物元评价模型

物元模型由蔡文教授于20世纪80年代初创立,他以形式化的模型研究事物拓展的可能性和开拓规律,用于解决不相容的复杂问题,适合于多因子评价。因此,本文运用物元分析法构建土地生态安全评价物元模型。设事物的名称为 M ,它关于特征 C 的量值为 X ,以有序三元 $R(M, C, X)$ 组作为描述事物的基本元,简称物元。利用物元模型进行土地生态安全评价的主要步骤为:建立评价物元;确定待评价经典域及节域;计算单指标关联度及综合关联度;确定评价等级。鉴于篇幅有限,具体计算方法不再赘述,具体计算过程参见有关文献^[1,7]。

1.2 土地生态安全评价指标体系的构建

1.2.1 评价指标的选择 针对皖江城市带土地生态系统的特,根据指标数据可得性、可操作性等原则,基于P-S-R模型^[4-5]进行了指标的筛选,从压力—状态—响应三个层次建立了皖江城市带土地生态安全评价指标体系(表1)。

1.2.2 评价指标权重的确定 传统的特尔菲法(Delphi)、层次分析法(AHP)等确定指标权重的方法往往比较主观,容易因为人为因素而造成评价结果的偏差。因此,本文引入熵权法确定权重系数。其基本原理是:某项指标的值变异程度越大,信息熵越小,该项指标提供的信息量越大,相应权重越大,反之,权重越小^[1]。

根据熵的定义, m 个评价对象 n 个评价指标的熵为:

$$H_i = \frac{-\sum_{X=1}^m B_{iX} \ln B_{iX}}{\ln m} \quad (1)$$

式中: $B_{iX} = \frac{v_{iX}}{\sum_{X=1}^m v_{iX}}$, v_{iX} ——第 $X(X=1, 2, \dots, m)$ 个对象第 $i(i=1, 2, \dots, n)$ 个指标的量值。

评价指标的熵权 W 和权重 w_i 为:

$$W = (w_i)_{1 \times n} \quad (2)$$

式中: $w_i = \frac{(1-H_i)}{(n-\sum_{i=1}^n H_i)}$, 且满足 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。

1.3 数据获取与处理

本研究的数据来源于2013年皖江城市带各统计年鉴、《安徽省统计年鉴》,以及各市的国民经济和社会发展统计公报。考虑到各地区之间的可比性和数据获取性,将六安市的金安区、舒城县以整个六安市代替。评价指标体系所选用的21项指标分为原始指标和构建指标两大类,原始指标如森林覆盖率等通过查阅统计资料直接获得,构建指标如人口密度则通过原始指标计算得出。

表 1 皖江城市带土地生态安全评价指标体系及权重

系统	类型	指标	指标代码	指标性质	权重
压力	资源压力	人口自然增长率(‰)	C ₁	逆向	0.0278
		人口密度(人/hm ²)	C ₂	逆向	0.0323
		单位播种面积化肥负荷(kg/hm ²)	C ₃	逆向	0.0042
	环境压力	单位播种面积农药负荷(kg/hm ²)	C ₄	逆向	0.0233
		单位土地工业废水负荷(t/km ²)	C ₅	逆向	0.2038
		单位耕地地膜使用量(kg/hm ²)	C ₆	逆向	0.0453
	社会经济压力	城市化水平(%)	C ₇	正向	0.0069
		农业经济比重(%)	C ₈	逆向	0.0443
状态	土地资源状态	人均耕地面积(hm ² /人)	C ₉	正向	0.0158
		人均水资源量(m ³ /人)	C ₁₀	正向	0.1261
	土地环境状态	森林覆盖率(%)	C ₁₁	正向	0.0586
		自然保护区面积比重(%)	C ₁₂	正向	0.1971
		土地垦殖率(%)	C ₁₃	正向	0.0265
	土地利用状态	单位面积粮食产量(kg/hm ²)	C ₁₄	正向	0.0009
响应	经济响应	经济密度(万元/km ²)	C ₁₅	正向	0.1039
		第三产业占 GDP 比重(%)	C ₁₆	正向	0.0038
		环保支出占 GDP 比重	C ₁₇	正向	0.0520
	环境响应	工业废水排放达标率(%)	C ₁₈	正向	0.0004
		工业固体废弃物综合利用率	C ₁₉	正向	0.0024
		万元 GDP 能耗(标准煤/t)	C ₂₀	逆向	0.0182
	社会响应	农业机械化程度(kW/hm ²)	C ₂₁	正向	0.0063

2 土地生态安全评价的物元模型

2.1 评价物元的建立

以 2013 年皖江城市带的统计数据为基础,根据表 1 中的 21 项指标,通过计算得到皖江城市带 10 个地区各个指标的具体量化值,构成皖江城市带土地生态安全评价物元。

2.2 经典域及节域的确定

依据土地生态安全的可拓性,将其划分为 5 个等级:理想安全、较安全、临界安全、较不安全、极不安全,分别用Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级和Ⅴ级表示。在经典域和节域的确定过程中,首先参考国家环境保护部颁发的《生态县、生态市、生态省建设指标(试行)》,其次在借鉴相关研究的基础上,结合国内外同类评价通常采用的标准和区域背景值,综合确定皖江城市带土地生态安全评价的经典域矩阵 R_{0j} 和节域矩阵 R_p 如下。

2.3 计算单指标关联度

土地生态安全指标关联函数 $K_{(x)}$ 的定义为:

$$K_{(x)} = \begin{cases} \frac{-\rho(x, X_0)}{|X_0|} & x \in X_0 \\ \frac{\rho(x, X_0)}{\rho(x, X_p) - \rho(x, X_0)} & x \notin X_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中: $\rho(x, x_0)$ ——点 x 与有限区间 $X_0 = [a_0, b_0]$ 的

距离; $\rho(x, x_p)$ ——点 x 与有限区间 $X_p = [a_p, b_p]$ 的距离; $X_0 = [b_0 - a_0]$, x, X_0, X_p ——待评土地生态安全物元的量值、经典域物元的量值范围和节域物元的量值范围。其中:

$$\rho(x, X_p) = \left| x - \frac{1}{2}(a_p + b_p) \right| - \frac{1}{2}(b_p - a_p)$$
$$\rho(x, X_0) = \left| x - \frac{1}{2}(a_0 + b_0) \right| - \frac{1}{2}(b_0 - a_0)$$

将各指标量值代入公式(3),计算指标关联度。以池州市 C_1 指标(人口自然增长率)为例简单介绍评估过程以及各参数的指示含义。将 $v_1 = 2.66$ 输入公式(3),得到各评价等级的指标关联度为: $K_{(c_1)1} = 0.334$, $K_{(c_1)2} = -0.334$, $K_{(c_1)3} = -0.612$, $K_{(c_1)4} = -0.726$, $K_{(c_1)5} = -0.788$,可判定该指标属于Ⅰ级,即“理想安全”状态。同理可得其他指标的关联度(表 2)。

2.4 计算综合关联度并确定评价等级

待评价对象 X_x 关于等级 j 的综合关联度 $K_j(N_x)$ 为:

$$K_j(N_x) = \sum_{i=1}^n w_i K_j(x_i) \quad (4)$$

式中: $K_j(N_x)$ ——待评价对象 N_x 关于等级 j 的综合关联度; $K_j(x_i)$ ——待评价对象 N_x 的第 i 个关于等级 j 的单——标关联度($j = 1, 2, \dots, n$); w_i ——各评价指标的权重。

R_{0j}	指标	理想安全	较安全	临界安全	较不安全	极不安全	$R_p =$	节域
	C_1	(-2,5)	(5,10)	(10,15)	(15,20)	(20,25)		(-225)
	C_2	(0,120)	(120,250)	(250,500)	(500,800)	(800,1500)		(90,1500)
	C_3	(0,225)	(225,450)	(450,600)	(600,1000)	(1000,1400)		(0,1400)
	C_4	(0,5)	(5,10)	(10,15)	(15,20)	(20,30)		(0,30)
	C_5	(0,1500)	(1500,2500)	(2500,3500)	(3500,5500)	(5500,50000)		(0,50000)
	C_6	(3,5)	(5,8)	(8,10)	(10,12)	(12,30)		(3,30)
	C_7	(55,100)	(50,55)	(40,50)	(30,40)	(20,30)		(20,100)
	C_8	(0,15)	(15,20)	(20,25)	(25,30)	(30,35)		(0,35)
	C_9	(0.1,0.3)	(0.08,0.1)	(0.05,0.08)	(0.03,0.05)	(0,0.03)		(0,0.3)
	C_{10}	(2500,9500)	(2000,2500)	(1500,2000)	(1000,1500)	(400,1000)		(400,9500)
	C_{11}	(60,100)	(40,60)	(30,40)	(20,30)	(0,20)		(0,100)
	C_{12}	(9,30)	(8,9)	(6,8)	(3,6)	(0,3)		(0,30)
	C_{13}	(33,50)	(21,33)	(13,21)	(9,13)	(0,9)		(0,50)
	C_{14}	(6000,7000)	(5000,6000)	(4500,5000)	(4000,4500)	(0,4000)		(0,7000)
	C_{15}	(5000,6000)	(3500,5000)	(2500,3500)	(1000,2500)	(500,1000)		(500,6000)
	C_{16}	(45,60)	(35,45)	(25,35)	(20,25)	(0,20)		(0,60)
	C_{17}	(3.5,5)	(1.5,3.5)	(1,1.5)	(0.1,1)	(0,0.1)		(05)
	C_{18}	(90,100)	(80,90)	(70,80)	(60,70)	(0,60)		(0,100)
	C_{19}	(90,100)	(85,90)	(80,85)	(70,80)	(0,70)		(0,100)
	C_{20}	(0,0.9)	(0.9,1.7)	(1.7,1.8)	(1.8,1.9)	(1.9,2)		(0,2)
	C_{21}	(8,15)	(6,8)	(5,6)	(4,5)	(2,4)		(2,15)

表 2 皖江城市带土地生态安全评价指标关联度及等级

指标	池州						合肥	滁州	六安	马鞍山	芜湖	宣城	铜陵	安庆
	I 级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	V 级	等级	等级	等级	等级	等级	等级	等级	等级	等级
$k_j(\nu_1)$	0.334	-0.334	-0.612	-0.726	-0.788	I	I	I	I	I	I	I	I	Ⅱ
$k_j(\nu_2)$	-0.231	0.397	-0.314	-0.657	-0.786	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅲ
$k_j(\nu_3)$	-0.187	0.300	-0.350	-0.513	-0.708	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ
$k_j(\nu_4)$	-0.936	-0.919	-0.893	-0.839	0.161	V	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
$k_j(\nu_5)$	-0.130	0.264	-0.294	-0.496	-0.679	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	V	Ⅳ	Ⅲ	V	Ⅲ
$k_j(\nu_6)$	0.140	-0.861	-0.944	-0.960	-0.969	I	Ⅳ	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ
$k_j(\nu_7)$	-0.214	-0.083	0.250	-0.214	-0.389	Ⅲ	I	Ⅲ	Ⅳ	I	I	Ⅲ	I	Ⅳ
$k_j(\nu_8)$	-0.406	-0.327	0.020	-0.010	-0.336	Ⅲ	I	Ⅳ	V	I	I	Ⅲ	I	Ⅲ
$k_j(\nu_9)$	-0.415	-0.269	0.282	-0.126	-0.327	Ⅲ	Ⅳ	I	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ
$k_j(\nu_{10})$	0.461	-0.461	-0.497	-0.529	-0.557	I	V	V	Ⅳ	V	V	I	V	Ⅲ
$k_j(\nu_{11})$	-0.055	0.123	-0.292	-0.393	-0.469	Ⅱ	V	V	Ⅲ	V	V	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
$k_j(\nu_{12})$	-0.268	-0.176	0.294	-0.082	-0.353	Ⅲ	V	V	V	V	V	V	I	Ⅱ
$k_j(\nu_{13})$	-0.696	-0.523	-0.229	0.257	-0.093	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ
$k_j(\nu_{14})$	-0.189	0.304	-0.348	-0.479	-0.566	Ⅱ	I	Ⅱ	I	I	I	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
$k_j(\nu_{15})$	-0.999	-0.998	-0.998	-0.991	0.009	V	Ⅱ	V	V	Ⅲ	Ⅲ	V	I	V
$k_j(\nu_{16})$	-0.270	0.120	-0.048	-0.320	-0.405	I	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ
$k_j(\nu_{17})$	-0.838	-0.622	-0.433	0.481	-0.452	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
$k_j(\nu_{18})$	0.026	-0.026	-0.513	-0.675	-0.757	I	I	I	I	I	I	Ⅱ	Ⅱ	I
$k_j(\nu_{19})$	-0.398	-0.330	-0.244	0.048	-0.016	Ⅳ	I	I	Ⅳ	V	I	Ⅳ	Ⅲ	I
$k_j(\nu_{20})$	-0.177	0.244	-0.401	-0.438	-0.471	Ⅱ	I	I	I	Ⅱ	I	I	Ⅱ	I
$k_j(\nu_{21})$	-0.390	-0.084	0.338	-0.153	-0.312	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	I	V

若 $K_{ji} = \max[K_j(x_i)]$, 其中 $j = 1, 2, \cdots, n$, 则待评价对象第 i 项指标属于土地生态安全标准等级 j ; 若 $K_{ji} = \max[K_j(N_x)]$, 其中 $j = 1, 2, \cdots, n$, 则待评价对象 N_x 属于土地生态安全标准等级 j 。

根据公式(1)和公式(2)计算指标权重, 结果如表 1 所示。将表 2 中各项指标对应各等级的关联度与其对应的权重输入公式(4), 可求出各地区在各评价等级上的综合关联度。

同理,以池州为例,将表 2 中池州市各项指标对应各等级的关联度与其对应的权重输入公式(4),得到该地区各评价等级上的综合关联度分别为: $K_1 = -0.239$, $K_2 = -0.253$, $K_3 = -0.306$, $K_4 =$

-0.399 , $K_5 = -0.457$, K 值均为负值,而且对应Ⅰ等级上值最大,因此可判定池州市土地生态安全级别为“向理想安全转化”。同样的方法求得其他地区的土地生态安全等级(表 3)。

表 3 皖江城市带各地区土地生态安全评价结果

综合关联度	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级	Ⅴ级	安全等级
合肥市	-0.571	-0.498	-0.518	-0.390	-0.172	向极不安全转化
滁州市	-0.566	-0.502	-0.471	-0.270	-0.037	向极不安全转化
马鞍山市	-0.537	-0.448	-0.360	-0.274	-0.033	向极不安全转化
芜湖市	-0.546	-0.497	-0.397	-0.270	-0.169	向极不安全转化
六安市	-0.474	-0.345	-0.374	-0.231	-0.297	向较不安全转化
宣城市	-0.407	-0.381	-0.297	-0.227	-0.243	向较不安全转化
安庆市	-0.352	-0.216	-0.029	-0.150	-0.329	向临界安全转化
铜陵市	-0.328	-0.608	-0.593	-0.522	-0.423	向理想安全转化
池州市	-0.239	-0.253	-0.306	-0.399	-0.457	向理想安全转化

3 结果与分析

3.1 皖江城市带土地生态安全空间差异分析

根据表 3 列出的皖江城市带各地区土地生态安全综合关联度和等级,对评价结果进行详细分析。

(1) 皖江城市带土地生态安全状况总体分析。
① 皖江城市带土地生态安全评价结果包括了“向理想安全转化”、“向临界安全转化”、“向较不安全转化”、“向极不安全转化”4 个等级,其中超过 88% 的区域面积处于临界安全及以下水平,土地生态安全整体状况欠佳;② 从表 3 可知,各地区的土地生态安全综合关联度均为负值,均处于向某个安全等级的转化过程中,说明了皖江城市带土地生态安全状态整体稳定性较差,土地资源的本底环境较为脆弱,对于外界的干扰十分敏感;③ 由各地区土地生态安全等级与次等级综合关联度之间的距离可以看出,除非有权重大的影响因子强烈干扰,某些地区的土地生态安全水平可能会在较长时期内保持不变,如合肥、滁州、马鞍山三地区,其对应的Ⅴ级综合关联度和Ⅳ级综合关联度距离较大,分别为-0.172 与-0.390,-0.037 与-0.270,-0.033 与-0.274,说明了三地区的土地生态安全状况很难在短时间内改善。

(2) 皖江城市带土地生态安全空间差异分析。
池州、铜陵土地生态安全状况最佳,处于“向理想安全转化”的状态;其次是安庆,其土地生态安全等级“向临界安全转化”;六安和宣城则“向较不安全等级转化”;土地生态安全状况最差的是合肥、滁州、芜湖、马鞍山 4 个地区,处于“向极不安全转化”的状态。皖江城市带土地生态安全空间差异明显,西部优于东部,南部优于北部。这种差异显然和区域间自然条件、经

济发展水平以及土地利用方式的差异密不可分。因此,找出目前各地区存在的问题和主要限制因素,制定科学合理的土地利用策略,是改善区域土地资源生态安全状况,实现区域可持续发展的关键。

3.2 皖江城市带土地生态安全影响因素分析

从表 1 的指标权重来看,皖江城市带生态安全空间差异的主要影响因子包括单位土地工业废水负荷(c_5)、自然保护区面积比重(c_{12})、人均水资源量(c_{10})、经济密度(c_{15})、森林覆盖率(c_{11})、环保支出占 GDP 比重(c_{17})等,但从表 2 中各指标提供的分异信息来看,各地区土地生态安全的促进和抑制因素又不尽一致。

(1) 对于位于皖江城市带东北部的合肥、滁州、芜湖、马鞍山四地区来说,虽然相对较高的城市化率和较低的农业经济比重对其土地生态安全有一定的促进作用,但该区域作为皖江城市带工业化、城市化发展的重点区域,随着社会经济的快速发展、城市化进程的加快以及建设用地的不断增加,单位土地工业废水负荷逐渐加重,人均水资源量、森林覆盖率和自然保护区面积比重持续下降,给土地生态环境带来巨大压力,从而导致土地生态安全处于“向极不安全转化”的现状。因此,发展循环经济,扎实推进节能减排,坚持集约型、节约型、生态型发展模式是实现该区域土地可持续利用和区域可持续发展的有效途径。

(2) 较低的经济密度是六安、安庆、宣城三地区土地生态安全状况不理想共同限制因子,这主要是由于受到区位以及经济基础等因素的制约,近年来经济发展速度相对较慢。另外,从土地生态安全的贡献因子来看,三地区又各不相同。较低的人口自然增长率、单位播种面积农药负荷有助于提升六安的土地生态安全水平;较低的工业废水排放达标率和万元 GDP

能耗对安庆的土地生态安全有一定贡献;而宣城土地生态安全的主要促进因素是较低的万元 GDP 能耗和较高的人均水资源量。因此,对于上述三地区而言,充分利用现有的有利条件,高效承接产业转移,提高经济发展水平,土地生态安全尚有进一步优化的空间。

(3) 池州作为我国首个国家生态经济示范区,森林覆盖率高,再加上较低的人口增长率,使得该地区的土地生态安全状况优势明显。但较低的土地垦殖率和较高的单位播种面积农药负荷,对其土地生态安全有一定的抑制作用。科学调整农业产业结构,合理引导农药施用,才能进一步巩固已取得的成果。对于以矿业开发为主导产业的铜陵市来说,较高的经济密度和城市化率对其土地生态安全等级“向理想安全状态转化”有重要贡献,但单位土地工业废水负荷、人均水资源量、环保支出占 GDP 比重等指标处于不安全等级。说明该地区长期的金属矿业发展和不合理的经济开发方式对环境产生了压力。因此,加快产业的转型升级、降低单位产值耗水量,加大环境保护力度,是现阶段急需解决的关键问题。

4 结论

应用熵权物元模型对皖江城市带的土地生态安全进行评价。得出如下结论:(1) 皖江城市带土地生态安全评价结果包括“向理想安全转化”、“向临界安全转化”、“向较不安全转化”、“向极不安全转化”4个等级,土地生态安全整体状况不容乐观;(2) 皖江城市带土地生态安全状态整体稳定性较差,土地资源的本底环境较为脆弱,对于外界的干扰十分敏感;(3) 皖江城市带土地生态安全空间差异明显,西部土地生态安全状况较优于东部,南部优于北部;(4) 皖江城市带土地生态安全空间差异的影响因素主要是单位土地工业废水负荷、自然保护区面积比重、人均水资源量、经济密度、环保支出占 GDP 比重、森林覆盖率等。皖江城市带各地区应充分利用现有有利条件,高效承接产业转移,强调土地集约节约利用,协调好经济社会发展与土地生态保护的关系,促进皖江城市带土地生态安全整体水平不断提升,为区域经济发展提供优良的安全保障。

参考文献:

- [1] 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,2012,28(5):260-266.
- [2] 张虹波,刘黎明,张军连,等.黄土丘陵区土地资源生态安全及其动态评价[J].资源科学,2007,29(4):193-200.
- [3] 汪朝辉,田定湘,刘艳华.中外生态安全评价对比研究

[J].生态经济:学术版,2008(7):44-49.

- [4] 杨春红,张正栋,田楠楠,等.基于P-S-R模型的汕头市土地生态安全评价[J].水土保持研究,2012,19(3):209-214.
- [5] 李玲,侯淑涛,赵悦,等.基于P-S-R模型的河南省土地生态安全评价及预测[J].水土保持研究,2014,21(1):188-192.
- [6] 庄伟,廖和平,潘卓,等.基于变权TOPSIS模型的三峡库区土地生态安全评估:以巫山县为例[J].西南大学学报,2014,36(8):106-112.
- [7] 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,2010,26(3):316-322.
- [8] 齐鹏,张仁陟,王晓娇,等.基于物元模型的民勤绿洲土地生态安全评价[J].中国沙漠,2012,32(5):1494-1500.
- [9] 杜忠潮,韩中山.基于主成分分析的土地生态安全评价实证研究:以陕西省10个省辖市为例[J].水土保持通报,2009,29(6):198-207.
- [10] 孙奇奇,宋戈,齐美玲.基于主成分分析的哈尔滨市土地生态安全评价[J].水土保持研究,2012,19(1):234-238.
- [11] 范瑞锭,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,2010,26(5):97-108.
- [12] 曲哲,任家强,李红丹.基于生态足迹的朝阳市土地生态安全研究[J].中国人口·资源与环境,2011,21(3):459-461.
- [13] 吕添贵,吴次芳,李冠,等.基于生态足迹的港口型城镇土地生态安全研究:以宁波市镇海区为例[J].水土保持通报,2014,34(6):250-255.
- [14] 徐美,朱翔,刘春腊.基于RBF的湖南省土地生态安全动态预警[J].地理学报,2012,67(10):1411-1422.
- [15] 李明月,赖笑娟.基于BP神经网络方法的城市土地生态安全评价:以广州市为例[J].经济地理,2011,31(2):289-293.
- [16] 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,2008,22(4):38-44.
- [17] 冯文斌,李升峰.江苏省土地生态安全评价研究[J].水土保持通报,2013,33(2):285-290.
- [18] 张小虎,雷国平,袁磊,等.黑龙江省土地生态安全评价[J].中国人口·资源与环境,2009,19(1):88-93.
- [19] 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.
- [20] 李玉平,朱琛,张义文.河北省邢台市土地生态安全评价及可持续发展对策研究[J].水土保持通报,2013,33(6):116-124.
- [21] 余敦,高群,欧阳龙华.鄱阳湖生态经济区土地生态安全警情研究[J].长江流域资源与环境,2012,21(6):678-683.
- [22] 丁新原,周智彬,马守臣,等.矿粮复合区土地生态安全评价:以焦作市为例[J].干旱区地理,2013,36(6):1067-1075.