

基于状态空间模型的耕地生态安全评价

——以江西省鄱阳县为例

郑媛媛^{1,2}, 余敦^{1,2}, 孙聪康^{1,2}, 王检萍^{1,2}, 张田^{1,2}

(1.江西农业大学 国土资源与环境学院, 南昌 330045;

2.江西农业大学 江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 南昌 330045)

摘要:耕地生态安全问题已经成为关乎国计民生和社会可持续发展的国家战略问题,为促进区域耕地生态系统健康发展以及为缓解人地矛盾提供一定的科学参考。从自然因素、经济因素、社会因素 3 个方面选取 18 个指标构建了评价指标体系,采用变异系数法和熵值法确定权重,运用状态空间模型对江西省鄱阳县 2008—2017 年耕地生态安全进行了定量评价和分析。结果表明:2008—2017 年鄱阳县耕地生态安全水平总体呈上升趋势,耕地生态安全情况逐渐改善。就各子系统而言,自然因素子系统 2008—2011 年呈波动下降趋势,在 2011 年达到谷底,2012—2017 年呈上升趋势,在 2015 年达到峰值;经济因素子系统连续波动,呈大“V”形势,在 2010 年达到峰值并在 2012 年达到谷底;社会因素子系统处于持续波动状态,呈稳步上升趋势。构建的状态空间模型能准确地评价当地耕地生态安全等级,说明该模型在耕地生态安全评价中有一定的适用性。

关键词:耕地生态安全;评价;状态空间模型;鄱阳县

中图分类号:F301.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)03-0218-07

Evaluation on Ecological Security of Cultivated Land in Poyang County of Jiangxi Province Based on State Space Model

ZHENG Yuanyuan^{1,2}, YU Dun^{1,2}, SUN Congkang^{1,2}, WANG Jianping^{1,2}, ZHANG Tian^{1,2}

(1.College of Land Resources and Environmental Sciences, Jiangxi Agricultural

University, Nanchang 330045, China; 2.Key Laboratory of Poyang Lake Basin Agricultural

Resources and Ecology of Jiangxi Province, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: The ecological security of cultivated land has become a national strategic issue concerning the national economy, people's livelihood and sustainable development of society. The analysis and evaluation of cultivated land ecological security of Poyang County, Jiangxi Province can provide a scientific reference for promoting the healthy development of regional cultivated land ecosystem and alleviating the contradiction between people and land. From the three aspects of natural factors, economic factors and social factors, 18 indicators were selected to construct the evaluation index system. The coefficient of variation and entropy method were used to determine the weight, and the state space model method was used to quantitatively evaluate and analyze the ecological security of cultivated land in Poyang County from 2008 to 2017. The results show that the ecological security level of cultivated land in Poyang County presented the the rising trend from 2008 to 2017, and the ecological security of cultivated land was gradually improving. As far as each subsystem was concerned, the subsystem of natural factor had a fluctuating downward trend in 2008—2011, reaching the bottom in 2011, showing an upward trend in 2012—2017, and peaking in 2015; the subsystem of economic factor was continuously fluctuating, showing a the V-shaped situation, reached the peak in 2010, and reached its bottom in 2012; the subsystem of social factor was in a state of continuous fluctuations, showing a steady upward trend. The constructed state space model can accurately evaluate the ecologi-

收稿日期:2019-06-11

修回日期:2019-07-04

资助项目:国家自然科学基金(41561107);江西省自然科学基金资助项目(20151BAB203039)

第一作者:郑媛媛(1995—),女,陕西安康人,硕士研究生,主要从事土地资源利用研究。E-mail:386035570@qq.com

通信作者:余敦(1975—),男,江西安义人,副教授,硕士生导师,主要从事土地资源利用/土地经济等研究。E-mail:jxauyd@163.com

cal security level of local cultivated land, indicating that the model has certain applicability in the ecological security evaluation of cultivated land.

Keywords: ecological security of cultivated land; evaluation; state space model; Poyang County

在大力推进生态文明建设的背景下,作为保障国家粮食安全、社会稳定以及经济发展的重要物质基础之一,耕地生态安全问题已上升为关乎国计民生和社会可持续发展的国家战略问题^[1-3]。随着我国城市化、工业化的持续推进,一方面由于非农建设占用耕地规模日益增强,而我国后备耕地资源少,农业发展水平较低,还未达到集约化和规模化发展,使得耕地与粮食安全进入矛盾的症结点^[4-7];另一方面,随着科研的进步,各种农业肥料层出不穷,耕地主体在耕地利用过程中对农资品的无节制滥用,导致耕地生态环境日趋恶化,个别区域耕地生态系统已丧失生产服务功能,处于崩溃的边缘^[8-10]。根据相关数据得知,2017年全国耕地受农药和重金属污染的耕地面积约26万 km²,其中重度污染占比2.9%。而耕地资源一旦遭遇无法逆转的损毁和破坏,不但会动摇整个国民经济且会对我国可持续发展造成严重的影响^[11-12]。因此,探讨耕地生态安全问题对于我国人地协调、经济可持续发展等具有重要的意义。

国内外学者对耕地生态安全评价做了大量的研究,并取得了显著的成果。国外学者热衷于探求耕地资源数量、质量变化的原因和影响,例如 Shete 等^[13]在对耕地数量变化进行模拟求证之后,认为耕地资源大量减少的原因主要是农业经济缺乏活力;Beesley^[14]研究发现,在耕地利用中,耕地的质量和生态安全越来越受农户的关注与重视。国内学者也从不同角度对耕地生态安全进行了探讨和研究。例如高楠等^[15]认为耕地资源安全是指耕地资源的数量和质量以及耕地生态系统的安全,并且能够保持耕地资源的有效供给,以满足人们对耕地资源不断增长的需求;范胜龙等^[16]采用 PSR 和无偏 GM(1,1)模型对福建省耕地生态安全进行了评价和预测;彭文君等^[17]基于景观生态安全理论以贵州省赤水市耕地景观为研究对象,探讨了喀斯特山区耕地景观生态环境变化状况;匡丽花等^[18]运用改进的 TOPSIS 模型和障碍度模型,对江西省鹰潭市进行了耕地安全评价及障碍度因子诊断。总的来看,国内学者对耕地生态安全评价主要通过大中尺度,例如省、市级尺度展开,少有在山区县域区域。

鄱阳县是典型的山区农业县,坚持把实现农业大县向农业强县转变以及提升农业产业化水平与效益作为首要工作,先后获得“全国粮食生产先进县”和

“国家首批绿色能源示范县”等称号。基于此,本文以鄱阳县为研究对象,运用状态空间模型评价研究区2008—2017年的耕地生态安全状况,以期为研究区耕地生态保护政策提供参考依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

鄱阳县位于江西省东北部、鄱阳湖东岸,地处东经 116°23′—117°06′,北纬 28°46′—29°42′,是江西省面积第二大县(图 1)。属典型的中亚热带季风气候,平均气温 17.5℃,雨季长,雨量充沛;全县土地总面积达 4 215 km²,占土地总面积的 45%;下辖 14 个镇、15 个乡,境内低山丘陵分布广泛,东北多为低山,向西南方向渐变为丘陵和湖区平原,是江西省典型的山区农业县,是国家商品粮、棉、油、鱼基地县。2016 年底,全县 GDP 突破 190 亿元,农民人均纯收入也大幅度增长,达到 8 574 元。

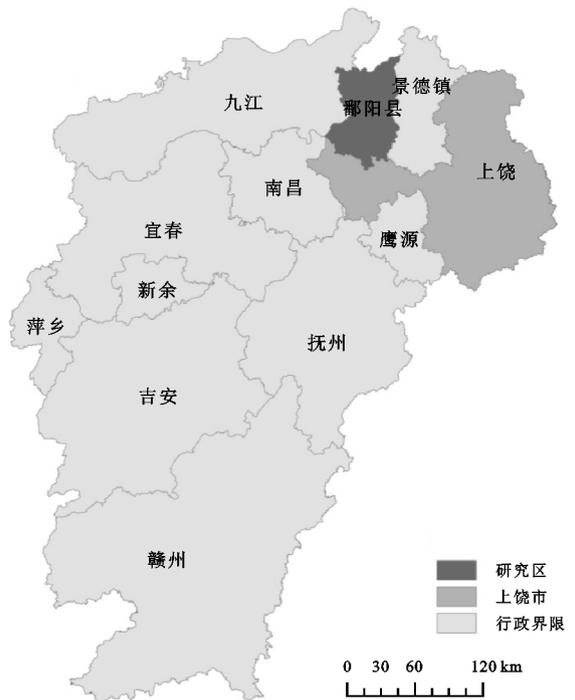


图 1 鄱阳县区域位置示意图

1.2 数据来源

本文所需数据主要来源于 2008—2018 年《中国环境统计年鉴》、2008—2018 年《江西省农村统计年鉴》、2008—2018 年《上饶市统计年鉴》、2008—2018 年《鄱阳县国民经济和社会发展统计公报》、以及鄱阳县国土部门和规划部门的相关资料。

2 研究方法

2.1 变异系数法

变异系数法又称“标准差率”，是另一种统计数据，用来衡量数据中观测值的变化程度。变异系数就是标准差和平均数的比值，记为 C.V.。计算公式为下^[19]：

求取标准差 σ ：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - X_j)^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

式中： X_{ij} 表示第 i 年的第 j 个指标值； X_j 表示指标的均值。

求取平均值 μ ：

$$\mu = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{(n-1)} \quad (2)$$

则变异系数为：

$$C.V. = \frac{\sigma}{\mu} \quad (3)$$

将变异系数进行归一化处理得到各评价指标的变异系数权重 W_i ，即：

$$W_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i} \quad (4)$$

2.2 熵值法

熵值法是一种客观赋权方法，通过计算指标的信息熵，根据指标的相对变化程度对系统的整体影响来决定指标的权重，相对变化程度大的指标（既指标的无序度越低），该指标的效用值就越大^[20-22]。熵值法的计算步骤为：

(1) 不同指标对耕地生态安全状态的影响不一致，首先需明确区分指标的正负作用。

(2) 数据处理指标标准化：

$$\text{正向指标: } X_{ij} = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (5)$$

$$\text{负向指标: } X_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})} \quad (6)$$

(3) 计算各指标的熵值，第 i 项的指标熵值 E

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \cdot \ln P_{ij} \quad (7)$$

$$\text{其中: } P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}}$$

(4) 计算指标权重 W_j

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_j} \quad (8)$$

式中： $d_j = 1 - E_j$ 。

2.3 状态空间模型

状态空间是欧式几何空间定量描述不同因素组合下的事物稳定状态的一种有效方法，它是由多个表示系统各要素的向量构成的三维状态空间轴^[23-25]。图 2 所表示的三维状态空间包括耕地的自然环境、社会经济条件和耕地利用状态，耕地安全状态是一定空间和时间内两者共同作用下的一种空间稳定状态。在这些状态空间中，由不同的自然环境条件、耕地利用状态和社会经济条件组合形成生态安全状态点，再由点构成了生态安全状态曲面 BYmax 和 BXmax。点 B 处于生态安全临界点，表征在自然环境条件良好和社会经济发展需求压力最适量时，耕地的利用效果能达到稳定的状态；点 C 处于生态安全临界曲面之外，表征已经超过社会经济发展需求压力的承载范围和突破了耕地本地最优自然环境条件，耕地的利用状态效果极低，耕地将出现耕地污染、粮食减产、耕地产品质量下降等状况；点 A 所处位置表征耕地利用处于较为宽松的状态，此时耕地本底自然条件优良且社会经济发展压力较小，耕地的承载力高，发展潜力较大。

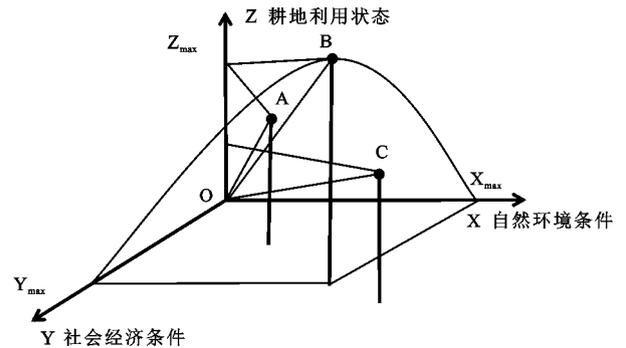


图 2 状态空间模型示意图

据此，利用状态空间模型，可以采用原点与不同内外因条件组合下的耕地状态所构成的矢量模的大小来表征耕地生态安全的所处状态，通过与耕地临界生态安全的矢量模进行比较，从而测度该组合条件下的耕地生态安全状况^[26]。

不同内外因条件组合下的耕地状态所构成的矢量模 $|OB|$ 为：

$$|OB| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{ij} \cdot Q_{ij})^2} \quad (9)$$

式中： X_{ij} 为各指标因素标准化的值； Q_{ij} 为各指标因素所对应的权重。

耕地临界生态安全的矢量模为：

$$|OH| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Z_{ab} \cdot Q_{ij})^2} \quad (10)$$

式中： Z_{ab} 表示各指标因素的理想状态值； Q_{ij} 表示为各指标因素的权重。

耕地生态安全状态指数 μ 为：

$$\mu = \frac{|OB|}{|OH|} \quad (11)$$

3 结果与分析

3.1 指标体系及权重的确定

3.1.1 耕地生态安全评价指标体系的构建 耕地生态安全评价是以耕地生态系统为评价对象,而不是单一因素的产物,在评价过程中,既要考虑耕地本底自然条件,也要考虑人类活动对耕地的影响。在选取指标的过程中一方面要考虑指标是否能够科学的反映生态系统的现状,不能重复也不能过少过简,要保证

指标具有一定的代表性且能全面反映生态系统的特征;另一方面尽可能选取统计体系的指标,以保证数据的可获取性和真实性。本文在大量阅读前人研究成果的基础上,将生态安全的内涵作为出发点,结合研究区社会经济环境及耕地生态系统的实际情况,采用系统分析法,从自然因素、经济因素、社会因素 3 个方面选取 18 个指标因子建立了耕地评价指标体系。

3.1.2 权重确定 本研究采取客观赋权的变异系数法和熵值法来确定指标权重。具体步骤为,首先算出变异系数权重(W_1)和熵值权重(W_2)下各自的权重值,再取二者的平均值作为该指标项的最终权重(表 1)。

表 1 鄱阳县耕地生态安全指标体系及权重

指标层	准则层	指标层	W_1	W_2	W	影响	
耕地生态安全评价	自然因素	人均耕地面积 X_1 (hm ² /人)	0.0242	0.0415	0.0329	+	
		灌溉保证率 X_2 (%)	0.0594	0.0813	0.0703	+	
		森林覆盖率 X_3 (%)	0.0440	0.0297	0.0368	+	
		粮食单产 X_4 (%)	0.0357	0.0587	0.0472	-	
		土地垦殖率 X_5 (%)	0.0870	0.0566	0.0718	+	
		年降水量 X_6 (%)	0.0510	0.0521	0.0515	-	
	经济因素	单位耕地面积农药施用量 X_7 (kg/hm ²)	0.0657	0.0799	0.0728	-	
		单位耕地面积化肥施用量 X_8 (kg/hm ²)	0.0457	0.0622	0.0540	-	
		GDP 增长率 X_9 (%)	0.0695	0.0562	0.0629	+	
		农业产值比重 X_{10} (%)	0.0282	0.0652	0.0467	+	
		单位面积农业机械动力 X_{11} (kW/hm ²)	0.0742	0.0904	0.0823	+	
		单位面积农膜负荷 X_{12} (kg/hm ²)	0.0733	0.0424	0.0579	-	
		农民人均纯收入 X_{13} (元)	0.0987	0.0398	0.0692	+	
		城市化水平 X_{14} (%)	0.0414	0.0484	0.0449	+	
		人均粮食占有量 X_{15} (kg/人)	0.0332	0.0283	0.0308	+	
		社会因素	人口密度 X_{16} (人/km ²)	0.0037	0.0259	0.0148	-
			人口自然增长率 X_{17} (%)	0.0830	0.0873	0.0851	-
			单位面积农业产出效益 X_{18} (%)	0.0821	0.0540	0.0681	-

3.1.3 评价标准确定 评价标准的确定是进行耕地生态安全评价必要的一环,将直接影响耕地生态安全评价结果的正确性。本文根据国内外对耕地生态安

全评价的相关研究和相关标准,结合研究区的耕地实际状况及特点,采用定量等分的方法将鄱阳县耕地生态安全划分为 5 个等级(表 2)。

表 2 耕地生态安全指标分级评价标准

安全等级	安全状态	安全指数
安全	耕地生态系统服务功能优异,处于理想状态,耕地自然生态系统有较大的开发潜力	>0.8
较安全	耕地生态系统服务功能稳定,处于较健全状态,耕地自然生态系统基本能承受社会经济发展压力	0.6~0.8
临界安全	耕地生态系统服务功能基本具备,但有恶化之势,耕地自然生态系统出现退化现象	0.4~0.6
较不安全	耕地丧失大部分生态服务功能,耕地自然生态系统问题突出,生态灾害频发	0.2~0.4
不安全	耕地完全丧失生态功能,自然环境问题严重,耕地已经出现严重退化,耕地生态系统崩溃	<0.2

3.2 状态空间模型的构建

3.2.1 理想状态值的确定 根据状态空间模型,通过对指标数据进行极差变化处理,使得指标数据值均介于 0~1,因此耕地生态安全最终评价结果的值域为[0,1]。本研究立足于鄱阳县耕地生态情况,借鉴参考相关文献,采用最优值法确定理想状态值,此时

根据值域,评价结果值越接近 1,表征耕地生态安全状况越优良,所以将理想状态值均赋为 1。

3.2.2 计算各指标值与理想状态值矢量模 根据公式 3,对各指标值进行标准化之后,再结合各指标的综合权重,计算出各指标值所确定的耕地生态安全状态和坐标原点的矢量模(表 3—4)。

表 3 鄱阳县指标标准值及耕地安全矢量模长

指标年份	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年
X_1	0.95	0.93	0.89	0.95	0.95	1.00	0.70	0.88	0.00	0.09
X_2	0.00	0.01	0.07	0.14	0.40	0.60	0.99	0.97	1.00	0.95
X_3	0.18	0.19	0.31	0.30	0.40	0.41	0.53	0.76	0.94	1.00
X_4	0.14	0.31	0.21	0.00	0.21	0.41	0.23	0.58	0.80	1.00
X_5	0.00	0.08	0.18	0.31	0.45	0.65	0.83	0.94	0.98	1.00
X_6	0.76	0.59	1.00	0.00	0.09	0.26	0.30	0.61	0.45	0.27
X_7	0.08	0.11	0.00	0.05	0.23	0.56	0.64	0.92	1.00	0.72
X_8	1.00	0.98	0.93	0.26	0.32	0.46	0.39	0.52	0.00	0.02
X_9	0.63	0.79	1.00	0.39	0.28	0.30	0.33	0.00	0.19	0.13
X_{10}	1.00	0.89	0.69	0.23	0.00	0.87	0.53	0.59	0.14	0.02
X_{11}	0.65	0.49	0.90	1.00	0.00	0.01	0.06	0.06	0.32	0.39
X_{12}	0.00	0.10	0.32	0.56	0.70	0.62	0.79	0.92	0.89	1.00
X_{13}	0.00	0.23	0.34	0.43	0.47	0.40	0.53	0.78	0.91	1.00
X_{14}	0.00	0.06	0.28	0.41	0.51	0.61	0.70	0.79	0.91	1.00
X_{15}	0.00	0.30	0.52	1.00	0.63	0.67	0.70	0.78	0.74	0.81
X_{16}	0.00	0.43	0.70	0.58	0.74	0.86	1.00	0.53	0.68	0.77
X_{17}	0.08	0.00	0.08	0.03	0.25	0.68	0.80	0.93	1.00	0.98
X_{18}	0.00	0.09	0.21	0.30	0.42	0.47	0.61	0.64	1.00	0.98
矢量模长	0.1445	0.1637	0.2204	0.1761	0.1736	0.2542	0.2877	0.3386	0.3475	0.3460

表 4 鄱阳县指标理想状态值及矢量模长

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{16}	X_{17}	X_{18}	矢量模长
理想状态值	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5

3.3 耕地生态安全评价

经过计算,得出鄱阳县近十年耕地生态安全综合评价结果(表 5)和分类评价结果(图 3)。

表 5 鄱阳县耕地生态安全指数及等级

年份	耕地生态安全指数	耕地生态安全等级
2008	0.2892	较不安全
2009	0.3275	较不安全
2010	0.4409	临界安全
2011	0.3522	较不安全
2012	0.3473	较不安全
2013	0.5086	临界安全
2014	0.5755	临界安全
2015	0.6773	较安全
2016	0.6951	较安全
2017	0.6921	较安全

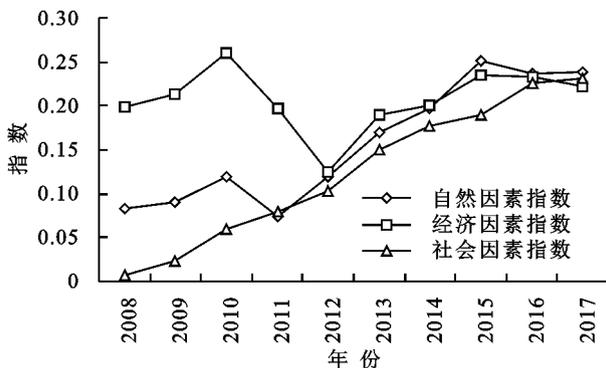


图 3 鄱阳县耕地生态安全分类评价结果

3.3.1 综合评价结果 从表 5 可以看出,鄱阳县 2008—2017 年 10 a 间耕地生态安全状态总体呈上升趋势,耕地生态安全指数从 2008 年的 0.289 2 上升到 2017 年 0.692 1,说明鄱阳县耕地生态状况在逐渐好转,总体形势相对乐观。根据上述的安全评价标准,这十年间的变化可分为 3 个阶段。第一阶段 2008—2012 年,这期间鄱阳县耕地生态安全状况不容乐观,总体处于较不安全级别,在 2010 年有小幅度的改善,回升为临界安全级别,随后又下降至较不安全级别。这一阶段主要是受到经济因素子系统的影响,经济因素子系统指数在 2012 年由于自然灾害、化肥农药的滥用达到最低谷,影响了整个耕地生态安全的水平。第二阶段 2013—2014 年,耕地生态安全指数急剧上升,回升至临界安全级别;第三阶段 2015—2017 年期间,耕地生态安全指数逐渐上升,转化为较安全级别。这一系列的波动表征了鄱阳县耕地生态系统结构在逐渐改善,生态系统服务功能逐渐具备,所受威胁和干扰越来越少。这两个阶段连续好转的态势主要是得益于自然因素、经济因素以及社会因素 3 个子系统指数的同步上升,促进了研究区耕地生态安全水平的提升。这说明子系统有利或不利的走向会影响整个生态安全水平向积极或者消极方向发展。

3.3.2 分类评价结果 鄱阳县各子系统因素耕地生

态安全状况如图 3 所示。从图 3 可以看出在耕地自然因素方面,指数总体呈上升的趋势。具体来看,在 2008—2010 年这一时期指数缓慢上升,耕地生态安全指数从 0.083 9 上升为 0.119 7,在 2010—2011 年急剧下降至最低点。这是由于在此年间年降水量骤然减少,从 2 294.3 mm 减少到 1 315.7 mm,受到气候的影响,导致自然灾害频发,从而影响粮食的产出率,且可开垦的后备土地资源不多,导致粮食供需关系趋于紧张,粮食安全受到了威胁;随后 2011—2015 年指数持续上升,在 2015 年达到峰值,产生这个趋势的原因主要有两个:一是得益于农业科技水平的提高,使得灌溉保证率从 2011 年的 52.95% 上升到 2015 年 77.96%,提升了 25 个百分点,这不仅大大提高了水资源的利用率,同时也保障了土地产出效率;二是因为土地垦殖率的不断增加,从 2011 年的 27.12% 增加到 2015 年的 43.2%。这两个因素使得粮食单产逐年增加,缓和了耕地和粮食矛盾,保证了粮食安全;同时森林覆盖率也在不断提高,从 2011 年的 39.04% 到 2015 年的 47.96%,促进了生态环境的改善,为区域耕地生态安全提供了保障。2016—2017 年有小幅度的波动下降,原因是建设用地等其他用地扩张,减少了耕地面积,耕地稀缺性增强,对耕地生态情况造成了一定的负面影响。

从经济因素来看,耕地生态安全指数连续波动,趋势呈大“V”形。2008—2010 年指数缓慢上升,在 2010 年达到峰值,随后 2010—2012 年急剧下降,在 2012 年达到低谷,这是由于该年因为自然灾害导致粮食产量下降后,农户为快速提升粮食产量及防止病虫害,大量使用化肥农药。可以看出这一阶段单位面积化肥和农药的施用量强度最大,远高于其他年份,化肥施用量从 2010 年的 358.28 kg/hm² 上升到 2011 年的 483.60 kg/hm²;化肥的施用量过高会破坏土壤有机质含量和内部结构,极大的威胁了耕地质量,造成了生态污染和农作物减产;2012—2017 年耕地安全指数逐年上升,伴有小幅度的下降,但也在可控范围内。导致这一阶段变化的原因主要是因为 2012—2015 年 GDP 增长率逐年增高,GDP 在 2015 年突破 180 亿元,农民人均纯收入突破 7 000 元,实现翻番,经济的快速发展,是有效推动耕地生态保护的保障;同时,由于生态环境问题日益突出,自然灾害频发,人们逐渐意识到生态安全与经济协调发展的重要性,这一阶段的化肥、农药、农膜的使用量均得到有效的控制,极大的改善了农业生态环境,使得耕地系统安全逐渐好转。

从社会因素来看,耕地生态安全指数逐年攀升,比较可观。社会因素指数在 2008 年最低,随后持续上涨,在 2017 年达到峰值,增幅高达 35%。分析其

原因,这一阶段的良性发展主要得益于人口自然增长率的大幅下降和城市化水平的提高。人口自然增长率从 2008 年的 0.8 下降到 2017 年的 0.35%,下降率高达 56%;同时城市化水平从 2008 年的 27.56% 上升到 2017 年的 42.53%,增长率达 54%。人口自然增长率的减少极大的减轻了土地利用负担,城市化水平的提高增强了社会稳定性;其次,这一阶段单位面积耕地农业产出效益也只增不减,从初期的 5.37% 到末期的 12.78%,涨幅高达 2 倍,这说明当地农业机械化、集约化水平逐步增强,提高了耕地利用效率。最后,这也得益于当地政府对前期生态环境恶化而带来的问题采取了一系列措施,积极宣传,使保护生态环境、集约节约利用土地资源的观念深入人心;积极改善农业生产条件,在吸取之前的教训和经验上,注重对耕地生态环境的保护,加大了对耕地综合问题整治的力度,这些都促进了耕地生态环境状况的改善。

4 结论和讨论

4.1 讨论

耕地安全问题是一个复杂的、系统的、全面的科学问题,它包括 4 个方面的含义:耕地数量安全、耕地质量安全、粮食安全和耕地生态安全。吴大放等^[27]指出耕地资源安全不仅仅要从单一的耕地数量和质量安全来研究,应对最基础的生态安全进行深入研究。鉴于此,本文重点探讨了鄱阳县近 10 a 来耕地生态安全状况。

从评价尺度来看,现有研究多集中大尺度空间上,例如全国、省级、市级、粮食主产区和流域等;少有在县级及以下小尺度空间上评估。本文以鄱阳县为研究对象,有利于具体的体现生态安全机理和安全状况,避免了与实际情况差异太大的情况。

评价指标体系的构建是生态安全评价的灵魂,指标的选择对评价结果具有重大的影响,现如今国内外没有统一标准的指标体系,常用的评价体系有压力—状态—响应、景观指标体系等。本文在参考学者们的研究结果的基础上,结合当地实际情况,从自然、经济、社会等 3 个方面构建了评价指标体系,总体来讲能涵盖耕地自身环境与人类社会的联系,但由于受到指标可获取性、连续性等客观因素的影响,会使评价结果与实际情况有略微偏差。

耕地生态安全评价方法已经从单一的定性评价转为了定量评价。目前常用的评价方法有 PSR 模型法、TOPSIS 模型法、物元模型法、模糊综合评价法、景观生态法以及人工神经网络法等;也有学者采用地统计学和 3S 技术作为支撑,将遥感影像与统计数据相结合的评价方法。本文所采用的状态空间模型,学者较多的是用来对资源环境承载力的计算。本研究将该模型运用于对生态安全的评价上,评价结果较符

合鄱阳县耕地利用的实际特点,验证了模型的适用性。但不足之处在于在确定指标理想值时,忽略了理想值的时差性,带有主观因素,这也是今后对研究方法需要进一步加强的地方。

从评价结果来看,鄱阳县耕地生态安全状态趋于好转,究其原因这主要得益于对农业污染的治理和预防,改善了农业生态环境。这也是今后鄱阳县要坚守的改良方向。最后,本文在对耕地生态安全预测和解决措施这方面有所欠缺,这是今后研究的重点。

4.2 结论

(1) 鄱阳县在 2008—2017 年耕地生态安全指数从 2008 年 0.289 2 上升到 2017 年 0.692 1,总体呈上升趋势,期间有小幅度的波动。这 10 a 的变化总共经历上升—急速下降—缓慢上升 3 个阶段:第一阶段 2008—2012 年处于较不安全级别;第二阶段 2012—2014 年从较不安全级别上升为临界安全级别,耕地生态安全状况有所好转;第三阶段 2014—2017 年从临界安全级别转化为较安全级别,这一阶段耕地生态安全状况得到快速发展,表明鄱阳县近年来耕地生态环境问题在不断改善。

(2) 就各子系统而言,自然因素、社会因素、经济因素 3 个系统的指数总体都呈上升趋势。自然因素指数在 2008—2010 年这一时期缓慢上升,在 2010—2011 年急剧下降至最低点,随后 2011—2017 年指数持续上升,在 2015 年达到峰值。经济因素指数 2008—2010 年缓慢上升,在 2010 年达到峰值;在 2010—2012 年急剧下降,在 2012 年达到低谷,随后在 2012—2017 年逐年上升。社会因素指数在 2008 年最低,随后持续上涨,在 2017 年达到峰值。

(3) 总体来说,尽管鄱阳县在这 10 a 间耕地生态安全有了显著提升,生态环境问题在逐渐改善,但是在对耕地利用过程中依然存在不容忽视的问题。通过分析可以得出,耕地生态环境因素、社会条件因素是影响区域耕地生态安全水平的主要原因;从具体指标来看,单位面积化肥、农药、农膜的过量使用,是引发生态污染从而导致人地矛盾的主要原因;而人口自然增长率的减少和城市化水平的提升可以减轻土地利用的负担,有利于促进耕地生态安全指数的提高。在今后的改善措施中,应坚持生态优先,有节制的使用农药、化肥等农资品,提高农产品质量,同时控制人口数量,实现人地协调发展。

参考文献:

[1] 郭荣中,杨敏华,申海建.长株潭地区耕地生态安全评价研究[J].农业机械学报,2016,47(10):193-201.
[2] 李明薇,陈伟强,鄢雨早,等.基于投影寻踪模型的河南省耕地生态安全评价[J].水土保持研究,2018,25(4):257-263.

[3] 易军,梅昀.基于 PSR 框架的耕地集约利用及其驱动力研究:以江西省为例[J].长江流域资源与环境,2010,19(8):895-900.
[4] 张杨,严金明,江平,等.基于正态云模型的湖北省土地资源生态安全评价[J].农业工程学报,2013,29(22):252-258.
[5] 赵晓园,李学坤.云南省耕地生态安全时空格局及障碍因子分析[J].中国农业资源与区划,2018,39(11):19-24.
[6] 程晋南,赵庚星,李红,等.基于 RS 和 GIS 的土地生态环境状况评价及其动态变化[J].农业工程学报,2008,24(11):83-88.
[7] 张祥义,许皞,刘名冲,等.基于熵权物元模型的耕地生态安全评价研究:以河北省肥乡县为例[J].土壤通报,2014,45(1):18-23.
[8] 李政,何伟,潘洪义,等.基于熵权 TOPSIS 法与 ARIMA 模型的四川省耕地生态安全动态预测预警[J].水土保持研究,2018,25(3):217-223.
[9] 施开放,刁承泰,孙秀锋,等.基于改进 SPA 法的耕地占补平衡生态安全评价[J].生态学报,2013,33(4):1317-1325.
[10] 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.
[11] 余敦,陈文波.鄱阳湖生态经济区土地生态安全研究[J].水土保持研究,2011,18(4):107-111.
[12] 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:以镇赉县为例[J].干旱区资源与环境,2006,20(1):119-124.
[13] Shete M, Rutten M. Impacts of large-scale farming on local communities' food security and income levels—empirical evidence from Oromia Region, Ethiopia[J]. Land Use Policy, 2015,47(5):282-292.
[14] Beesley K R D. Agricultural land preservation International Encyclopedia of Human Geography[J]. Oxford: Elsevier Press, 2009,25(6):59-65.
[15] 高楠,宋戈.黑龙江省耕地资源安全综合评价研究[J].水土保持研究,2009,16(4):250-254.
[16] 范胜龙,杨玉珍,陈训争,等.基于 PSR 和无偏 GM(1,1)模型的福建省耕地生态安全评价与预测[J].中国土地科学,2016,30(9):19-27.
[17] 彭文君,舒英格.喀斯特山区县域耕地景观生态安全及演变过程[J].生态学报,2018,38(3):852-865.
[18] 匡丽花,叶英聪,赵小敏,等.基于改进 TOPSIS 方法的耕地系统安全评价及障碍因子诊断[J].自然资源学报,2018,33(9):1627-1641.
[19] 倪超,杨胜天.黑龙江省耕地集约利用评价及障碍因素诊断[J].干旱区资源与环境,2014,28(12):32-37.
[20] 李根,杨庆媛,马寅华,等.基于熵值法的中国省域耕地生态安全评价[J].江苏农业科学,2017,45(9):223-228.
[21] 赵磊,刘洪彬,于国锋,等.基于熵权法土地资源可持续利用综合评价研究:以辽宁省葫芦岛市为例[J].资源与产业,2012,14(4):63-69.

- 38(3):142-148.
- [29] 刘晓丽,班茂盛,宋吉涛,等.城镇土地集约利用与转变增长方式综合评价研究[J].地理科学进展,2007,26(5):65-76.
- [30] 曲玮,涂勤,牛叔文,等.自然地理环境的贫困效应检验:自然地理条件对农村贫困影响的实证分析[J].中国农村经济,2012(2):21-34.
- [31] 黄晓阳.基于模糊综合评价模型的矿区生态环境分析[C]//中国冶金矿山企业协会,中钢集团马鞍山矿山研究院.2011年中国矿业科技大会论文集,2011.
- [32] 王乃茜.区域农业生态系统协调发展评价研究[D].北京:中央民族大学,2011.
- [33] 蒋维,杨新军,王俊.基于农户尺度的黄土高原农村社会—生态系统体制转换[J].干旱区资源与环境,2014,28(11):37-41.
- [34] 付凯玲.农户对农业科技投入行为的初步研究[D].南昌:江西农业大学,2016.
- [35] 万金红,王静爱,刘珍,等.从收入多样性的视角看农户的旱灾恢复力:以内蒙古兴和县为例[J].自然灾害学报,2008,17(1):122-126.
- [36] 段伟,任艳梅,冯冀,等.基于生计资本的农户自然资源依赖研究:以湖北省保护区为例[J].农业经济问题,2015,36(8):74-82.
- [37] 张小娟,高敏华,郭兴芬.库尔勒市土地利用效益耦合关系研究[J].安徽农学通报,2012,18(11):25-28.
- [38] 陈宁丽.高标准基本农田建设项目区优选研究[D].河南焦作:河南理工大学,2016.
- [39] 仇娟东,赵景峰,吴建树.基于耦合关系的中国区域土地利用效益水平测度[J].中国人口·资源与环境,2012,22(1):103-110.

~~~~~

(上拉第 224 页)

- [22] 乔蕻强,程文仕.基于熵权物元模型的土地生态安全评价[J].土壤通报,2016,47(2):302-307.
- [23] 毛汉英,余丹林.区域承载力定量研究方法探讨[J].地球科学进展,2001,16(4):549-555.
- [24] 刘庆芳.鄱阳湖生态经济区耕地生态安全演变及评价研究[D].南昌:江西农业大学,2018.
- [25] 宋艳春,余敦.鄱阳湖生态经济区资源环境综合承载力评价[J].应用生态学报,2014,25(10):2975-2984.
- [26] 纪学朋,白永平,杜海波,等.甘肃省生态承载力空间定量评价及耦合协调性[J].生态学报,2017,37(17):5861-5870.
- [27] 吴大放,刘艳艳,刘毅华,等.耕地生态安全评价研究展望[J].中国生态农业学报,2015,23(3):257-267.

~~~~~

(上接第 229 页)

- [7] 吴虹玥,包维楷,王安.苔藓植物的化学元素含量及其特点[J].生态学杂志,2005,24(1):58-64.
- [8] 郭绪虎,肖德荣,田昆,等.滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量及其凋落物分解[J].生态学报,2013,33(5):1425-1432.
- [9] 陈婷,郗敏,孔范龙,等.枯落物分解及其影响因素[J].生态学杂志,2016,35(7):1927-1935.
- [10] 秦胜金,刘景双,周旺明,等.三江平原小叶章湿地枯落物初期分解动态[J].应用生态学报,2008,19(6):1217-1222.
- [11] 郝占庆,叶吉,姜萍,等.长白山暗针叶林苔藓植物在养分循环中的作用[J].应用生态学报,2005,16(12):2263-2266.
- [12] 郑云普,赵建成,张丙昌,等.荒漠生物结皮中藻类和苔藓植物研究进展[J].植物学报,2009,44(3):371-378.
- [13] 胡人亮.藓植物学[M].北京:高等教育出版社,1985.
- [14] 吴鹏程.苔藓植物生物学[M].北京:科学出版社,1998.
- [15] 张元明,曹同,潘伯荣.新疆古尔班通古特沙漠南缘土壤结皮中苔藓植物的研究[J].西北植物学报,2002,22(1):18-23.
- [16] 金艳霞,周华坤,赵新全,等.青藏高原不同草地类型苔藓植物化学元素特征[J].草地学报,2013,21(1):65-72.
- [17] 焦树仁.固沙林生态系统的能量流动与物质循环.章古台固沙林生态系统的结构与功能[M].沈阳:辽宁科学技术出版社,1989:75-76.
- [18] 陈永亮,李淑兰.胡桃楸、落叶松纯林及其混交林下叶凋落物分解与养分归还的比较研究[J].林业科技,2004,29(5):9-12.
- [19] 张鼎华,翟明普,林平,等.杨树刺槐混交林枯落物分解速率的研究[J].中国生态农业学报,2004,12(4):24-27.
- [20] 王妮,郭继勋,张宝田.东北松嫩草地羊草群落环境因素与凋落物分解季节动态[J].草业学报,2003,12(1):47-52.
- [21] 李学斌,陈林,吴秀玲,等.荒漠草原 4 种典型植物群落枯落物分解速率及影响因素[J].生态学报,2015,35(12):4105-4114.