

江苏省土地生态安全评价研究

冯文斌¹, 李升峰^{1,2}

(1. 南京大学 地理与海洋科学学院, 江苏 南京 210093; 2. 江苏省土地开发整理技术工程中心, 江苏 南京 210093)

摘要: 生态省(市、县)和国家级生态示范区建设指标的引入,可以进一步完善区域土地生态安全评价指标体系。依据区域土地生态安全评价一般性指标体系和现有的土地生态安全评价实例,结合江苏省的实际情况,建立了由 18 项指标组成的土地生态安全评价指标体系。运用层次分析法确定各指标权重,通过加权求和计算得到江苏省 2000、2005 和 2008 年的土地生态综合安全值分别为 0.812、0.840 和 0.845。研究表明,江苏省土地生态安全水平达到良好级。通过对江苏省土地生态安全进行评价研究,可为江苏省土地资源的可持续利用提供理论基础和实践经验。

关键词: 土地生态安全评价; 指标体系; 江苏省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)02-0285-06

中图分类号: F321.1

Evaluation of Land Ecological Security in Jiangsu Province

FENG Wen-bin, LI Sheng-feng

(School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

Abstract: The specific establishment of evaluation indices for ecological demonstration area at provincial or county levels can improve the index systems for assessing regional ecological security of land resources. An index system consisting of 18 indices was established for Jiangsu Province based on the commonly used indices and existing examples of evaluation. The current status of the province was carefully considered in establishing the index system. Analytic hierarchy process method was applied to determine the weight of each index. Weighted sums as comprehensive scores of ecological security were 0.812, 0.840 and 0.845 for the years 2000, 2005 and 2008, respectively, indicating good land ecological security status of Jiangsu Province in these years. The evaluation of land ecological security can provide theoretical basis and practical experience for the sustainable use of land resources in Jiangsu Province.

Keywords: land ecological security; index system; Jiangsu Province

进入 21 世纪以来,人类社会和经济步入了一个高速发展的时代,为了满足工业化和城市化的高速发展,人类对土地的需求也在大幅度增加,土地的经济价值和功能得到了充分地体现和发挥。然而在土地资源的开发利用中,存在着生态环境被破坏、生物多样性下降等现象,人类对土地的利用程度在一些地区已经达到甚至超过区域土地的生态承载能力,因此对土地生态安全的研究具有重要意义。

土地生态安全是指陆地表层由各种有机物和无机物构成的土地生态系统的结构不受破坏,同时土地生态系统为人类提供服务的质量和数量能够持续满足人类生存和发展的需要^[1]。国内许多学者在省级

层面上对土地生态安全评价做了研究,通过构建由自然因素、经济因素和社会因素 3 个层面指标组成的土地生态安全评价指标体系,并运用层次分析原理和土地生态安全模型对评价区域进行空间尺度或者时间尺度的土地生态安全评价研究^[2-4]。同时,一些方法和模型也被引入到土地生态安全评价研究中,如优势度评价方法^[5]、聚类分析法^[6-8]和 PSR 模型^[9]、物元模型^[10-11]等。此外,基于地理信息系统(GIS)和全球变化的研究方法也被引入到土地生态安全评价中^[12-14]。总的来说,河北省土地生态安全评价中所构建的评价指标体系较为实用,指标体系(即自然因素、经济因素和社会因素 3 个层面指标体系)构建较为合

收稿日期:2012-03-28

修回日期:2012-04-23

资助项目:国家“十二五”科技支撑计划课题“村镇建设用地再开发市场调控关键技术研究”(2013BAJ13B02)

作者简介:冯文斌(1987—),男(汉族),江苏省丹阳市人,硕士研究生,主要研究方向为土地规划环境影响评价。E-mail:fengwenbin1987@126.com。

通信作者:李升峰(1964—),男(汉族),福建省屏南县人,副教授,研究方向为环境规划与环境影响评价。E-mail:lif64@yahoo.com.cn。

理,与上述的方法与模型相比,该评价指标体系数据可获取性较强,便于实现土地生态安全的量化评价,亦被后来很多研究所参考,具有较好的借鉴意义。目前,江苏省土地生态安全研究还停留在定性分析层面,指出了土地生态安全存在的问题,并提出了一些建议与对策^[15],但未就土地生态安全进行详细量化评价,不能直观地反映目前江苏省土地生态安全水平。因此,本研究在上述研究的基础上,基于数据的可获取性,选择以河北省土地生态安全评价指标体系为基础框架,同时引入生态省(市、县)、国家级生态示范区和江苏省小康社会及生态农业县的建设指标,并重新设定了指标体系、权重和标准值,对江苏省土地生态安全进行评价研究,以期能为江苏省土地资源的可持续利用提供理论基础和实践经验。

1 研究区概况

江苏省位于我国大陆东部沿海中心,该省面积 $1.03 \times 10^7 \text{ hm}^2$,占全国总面积的 1.1%。江苏省地形起伏不大,北、西、南分布有不连续的小面积的低山、丘陵,山丘面积约 $1.47 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占总面积的 14%,平原(陆域)面积约 $7.06 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占总面积的 69%,地势平坦开阔,地面高程多在 5~20 m,总体地势西部稍高,东部低洼,地形坡降约 1/10 000。该省地形总体轮廓呈现出三面环山一面临海,环抱平原,面向大海的景观。

2008 年江苏耕地面积为 $4.76 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占土地利用总面积的 44.63%;建设用地占土地利用总面积为 $1.93 \times 10^6 \text{ hm}^2$,占土地利用总面积的 18.97%,其中居民点及独立工矿用地占 15.09%,体现了江苏省城乡建设快、工业规模大的特点;未利用地占土地利用总面积的 18.97%,但大部分为河流水面、湖泊水面,后备土地资源不足。2008 年江苏省经济发展保持平稳较快增长。全省地区生产总值突破 30 000 亿元,比上年增长约 12.5%。其中,第一、第二、第三产业增加值分别增长 4.0%,12.9%和 12.7%;人均地区生产总值按当年汇率折算超过 5 700 美元。该省常住人口 7 676.5 万人,比上年末增加 52 万人;人口出生率 9.34‰,比上年下降 0.03‰;人口死亡率 7.04‰,下降了 0.03‰;人口自然增长率 2.30‰,与上年持平。

近年来,江苏省农业现代化水平和产业化水平明显提高,农地集约化程度加强,粮食产量不断增长。同时,江苏省人口迅速增加,工业化、城镇化水平快速提高,农地非农业化过程持续进行,该省耕地面积在达到耕地保有量的基础上有所下滑,人多地少的矛盾日益尖锐。

2 评价方法及数据来源

2.1 评价方法

土地生态安全评价方法的关键是建立评价指标体系和确定各指标的权重,对此,主要运用层次分析法(AHP法)和相关分析法。土地生态安全水平评价主要分两方面进行。首先,运用层次分析法确定江苏省土地生态安全评价指标体系并对江苏省土地生态安全状况进行综合评价;其次,在综合评价的基础上,分析土地生态安全水平变化及其原因。

2.1.1 评价指标体系构建 河北省土地生态安全评价研究中构建的指标体系较为合理、实用,数据获取较容易,本评价指标体系便是在其基础上进行构建和完善的。河北省土地生态安全评价指标体系在指标的选取和权重的确定方面,存在不足之处,如一些指标的选取略显重复,人均耕地面积、耕地面积比重和人口密度之间存在函数关系;一些指标与土地生态安全关联性不紧密,如农电集约度、就业率等;体系中缺少受保护区指标和水环境指标。因此,结合土地生态安全评价实例和江苏省实际情况,从优化指标体系的角度出发,舍去了林地面积比重(以“森林覆盖率”替代)、草地面积比重(江苏省草地面积少,不适用)、盐渍耕地面积比重(江苏省盐渍耕地较少,不适用)、农电集约度、耕地压力指数、就业率和人口密度等指标,加入了森林覆盖率、自然保护区面积占国土面积的比重、基础性生态用地面积比例、工业污水达标排放率等 4 项指标。同时,将有效灌溉面积比(即河北省土地生态安全评价中的“水土协调度”指标)归入经济因素。综合考虑上述因子,本研究从土地生态安全的生态环境因素、经济因素和社会因素这 3 个方面,结合江苏土地生态安全特点构建指标体系(表 1)。

评价指标作为影响土地生态安全的因素,可分为正安全趋向性指标和负安全趋向性指标。正安全趋向性指标包括:人均耕地面积,森林覆盖率,水土流失治理面积占国土面积比重,自然保护区面积占国土面积比重,基础性生态用地面积比重,人均 GDP,经济密度(单位土地面积内的国内生产总值),第三产业产值比重,机耕程度(机耕面积占耕地总面积比重),农业机械化水平(单位耕地农业机械总动力),有效灌溉面积比(有效灌溉面积占耕地面积的比重),城市化水平。这些指标值越大,表明维护和改善土地生态安全的能力越强。负安全趋向性指标包括:耕地面积比重(耕地面积与土地面积的比值),耕地中旱地比重,化肥施用量,农药施用量,人口自然增长率。这些指标值越大,对土地的压力越大,土地生态安全状况越差。

表 1 土地生态安全评价指标体系

因素	单项指标	指标代码
生态环境因素	人均耕地面积($\text{hm}^2/\text{人}$)	C_1
	耕地面积比重/%	C_2
	森林覆盖率/%	C_3
	水土流失治理面积占国土面积比重/%	C_4
	耕地中旱地比重/%	C_5
	自然保护区面积占国土面积比重/%	C_6
	基础性生态用地面积比重/%	C_7
	工业污水达标排放率/%	C_8
经济因素	化肥施用量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	C_9
	农药施用量/ $(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	C_{10}
	人均 GDP(元/人)	C_{11}
	经济密度($\text{万元} \cdot \text{hm}^{-2}$)	C_{12}
	第三产业比重/%	C_{13}
	机耕程度/%	C_{14}
	农业机械化水平($\text{kW} \cdot \text{hm}^{-2}$)	C_{15}
	有效灌溉面积比/%	C_{16}
社会因素	城市化水平/%	C_{17}
	人口自然增长率/%	C_{18}

2.1.2 评价指标权重、基准值的确定

(1) 指标权重的确定。鉴于评价指标较多,直接确定每个指标对区域土地生态安全影响的大小(即每个指标的权重)比较困难。本研究运用层次分析法(AHP法),对各层指标的相对重要性进行两两比较、判断,按层次分析法原理,采用和积法,计算出各指标的权重。

具体权重确定的方法为:在递阶层次结构中,设上一层元素 S 为准则,所支配的下一层元素为 C_1, C_2, \dots, C_n 对于准则 S 相对重要性即为权重。由于 C_1, C_2, \dots, C_n 对于 S 的重要性无法直接定量,只能定性,那么确定权重用两两比较方法。其方法为:对于准则 S ,元素 C_i 和 C_j 哪一个更重要,重要的程度如何,通常按 1~9 比例标度对重要性程度赋值,即 1 代表两者重要性相同,随着前者比后者重要性的增加其赋值也增加。对于 S 准则层, n 个元素之间相互重要性的比较得到了一个两两比较判断矩阵:

$$A = (a_{ij})_{n \times n}$$

式中: a_{ij} —— C_i 和 C_j 对于 S 准则的重要性比例标度。判读矩阵 A 具有下列性质: $a_{ij} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1$ 。

将判断矩阵 A 的 n 个行向量归一化后的算术平均值,近似作为权重向量,即:

$$W(i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}$$

通过上述方法的计算和一致性检验后,得到了较为理想的单项指标权重值(表 3)。较之河北省土地生态安全评价中的权重,本研究更侧重土地的生态环境

因素,其权重为 0.650;其次是经济因素,其权重为 0.276;最后是社会因素,其权重为 0.074。河北省土地生态安全评价中,自然因素只占 0.344,经济因素占 0.409,社会因素占 0.244,作为土地生态安全评价,其侧重点应侧重于生态环境因素,因此制定的权重略向生态环境因素倾斜,并通过两两比较确定指标之间相互重要性关系,运用和积法计算各指标的权重。

(2) 基准值的确定。基准值确定原则为国际公认值和生态省(市、县)的建设目标值。同时,考虑到江苏省国家级生态示范区、小康社会建设和生态农业县建设情况,部分指标的基准值采用了国家级生态示范区、江苏省小康社会建设、生态农业县建设指标以及江苏省国民经济与社会发展“十一五”规划目标。由于部分指标基准值难以确定,考虑以全国平均值(2008年)为基准值。总体上来说,基准值的选取中生态省(市、县)及国家级生态示范区的建设目标值最优,其次是国际公认值、小康社会和生态农业县建设指标、“十一五”规划目标,最后是全国平均值。

2.1.3 土地生态安全值的计算 设 x_i 为第 i 个评价指标的实际值, s_i 为第 i 个评价指标的基准值, P_i 为第 i 个评价指标的安全指数, $0 \leq P_i \leq 1$, 则: (1) 正安全趋向性指标:以“安全”为标准值,当 $x_i \geq s_i$, 则 $P_i = 1$; 当 $x_i < s_i$, 则 $P_i = x_i/s_i \times 100\%$ 。(2) 负安全趋向性指标:以“安全”为标准值,当 $x_i \leq s_i$, 则 $P_i = 1$; 当 $x_i > s_i$, 则 $P_i = s_i/x_i \times 100\%$ 。

土地生态单指标安全值数学模型为:

$$S_i = P_i \times W_i$$

式中: S_i ——土地生态指标安全值; P_i ——土地生态安全指数; W_i ——指标权重。虽然单项指标安全值可以从不同的方面反映土地生态安全的现状,但是要更全面地反映江苏省土地生态安全现状,还需对指标进行综合计算,土地生态安全指标综合值数学模型为:

$$T = \sum_{i=1}^n [P_i \times W_i]$$

式中: T ——土地生态综合安全值; n ——指标项数。

2.1.4 土地生态安全评价分等定级 借鉴河北省土地生态安全评价和聊城市土地生态安全评价等实例^[16],按照目前江苏省生态省建设的要求,对江苏省土地生态安全提出了更高的要求(即提高了其土地生态安全等级的阈值)来设置江苏省土地生态安全标准综合评价表,将土地生态安全综合值(范围 0~1)非等距的分为 5 个等级,土地生态安全综合值越高,土地生态安全度也就越高,反之则越低。5 个等级的土地生态安全状况描述详见表 2。

表 2 江苏省土地生态安全标准综合评价

安全值区间 T	等级	表征状态	土地生态安全状态特征描述
$T \leq 0.3$	I	危险级	土地生态系统服务功能几近崩溃,生态过程很难逆转,生态环境受到严重破坏,生态系统结构残缺不全,功能丧失,生态恢复与重建很困难,生态环境问题严重并经常演变成生态灾害。
$0.3 < T \leq 0.5$	II	风险级	土地生态系统服务功能严重退化,土地生态环境受到较大程度破坏,生态系统结构恶化较严重,功能不齐全,受到外界干扰后恢复困难,生态问题较严重,生态灾害较多。
$0.5 < T \leq 0.8$	III	预警级	土地生态系统服务功能已经产生退化,土地生态环境受到一定的破坏,生态系统结构发生变化,但可维持基本功能,受到外界干扰容易恶化,生态问题不大,生态灾害时有发生。
$0.8 < T \leq 0.9$	IV	良好级	土地生态系统服务功能较为完善,土地生态环境较少受破坏,生态系统结构完整,功能尚好,受干扰后一般可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大。
$T \geq 0.9$	V	安全级	土地生态系统服务功能完善,土地生态环境基本未受到干扰和破坏,土地生态系统结构完整,功能性强,土壤肥沃,无农业污染,植被覆盖率高,基本无生态问题和生态灾害现象发生。

2.2 评价时段与数据来源

本文研究根据数据可获取性的原则,选取的评价时段是 2000,2005 和 2008 年。主要统计数据来源于 2001,2006 和 2009 年的《江苏省统计年鉴》,其中部分土地数据来源于 1996—2008 年江苏省地籍调查数据,部分基准值数据来源于 2009 年的《中国统计年鉴》。

3 评价结果与分析

3.1 土地生态安全评价

根据上述研究方法计算得出江苏省 2000,2005

和 2008 这 3 年的生态安全值(表 3)分别为 0.812, 0.840 和 0.845。

研究结果显示,江苏省土地生态安全水平基本处于上升趋势,处于良好级,从 2000—2008 年土地生态安全值提高了 4.1%。

评价结果反映出江苏省目前的土地生态安全水平较高的,土地生态系统服务功能较为完善,土地生态环境较少受破坏,生态系统结构完整,功能尚好,受干扰后一般可恢复,生态问题不显著,生态灾害不大。

表 3 江苏省 2000,2005 和 2008 年土地生态安全水平评价结果

指标代码	安全趋向性	原始值			基准值	基准值来源	安全指数			权重	安全值		
		2000 年	2005 年	2008 年			2000 年	2005 年	2008 年		2000 年	2005 年	2008 年
C_1	+	0.068	0.064	0.061	0.053	国际公认值	1.000	1.000	1.000	0.021	0.021	0.021	0.021
C_2	-	46.92	44.78	44.20	12.68	全国平均值	0.270	0.283	0.287	0.070	0.019	0.020	0.020
C_3	+	14.1	14.7	16.9	12.0	生态省指标	1.000	1.000	1.000	0.200	0.200	0.200	0.200
C_4	+	10.1	8.09	9.02	10.60	全国平均值	1.000	1.000	1.000	0.150	0.150	0.150	0.150
C_5	-	37.18	37.64	37.65	55.00	省小康社会	1.000	1.000	1.000	0.045	0.045	0.045	0.045
C_6	+	5.8	6.8	5.5	10.0	生态示范区	0.580	0.680	0.550	0.059	0.034	0.040	0.032
C_7	+	77.66	75.68	74.20	75.00	国家公认值	1.000	1.000	0.989	0.097	0.097	0.097	0.096
C_8	+	92.0	97.5	97.9	100.0	生态省指标	0.920	0.975	0.979	0.007	0.006	0.007	0.007
C_9	-	669.8	712.9	722.2	250.0	生态省指标	0.373	0.351	0.346	0.050	0.019	0.017	0.017
C_{10}	-	18.27	21.61	19.88	3.00	生态示范区	0.164	0.139	0.151	0.050	0.008	0.007	0.008
C_{11}	+	11 765.42	24 952.96	40 499.32	33 000.00	生态省指标	0.357	0.756	1.000	0.024	0.009	0.018	0.024
C_{12}	+	801.34	1 742.40	2 902.51	2 305.66	生态省指标	0.348	0.756	1.000	0.024	0.008	0.018	0.024
C_{13}	+	35.9	35.6	38.4	40.0	生态省指标	0.898	0.890	0.960	0.015	0.014	0.013	0.015
C_{14}	+	81.79	82.08	81.69	100.00	生态省指标	0.818	0.821	0.817	0.011	0.009	0.009	0.009
C_{15}	+	5.84	6.56	7.69	6.75	全国平均值	0.865	0.972	1.000	0.007	0.006	0.006	0.007
C_{16}	+	77.89	79.86	80.89	48.00	全国平均值	1.000	1.000	1.000	0.095	0.095	0.095	0.095
C_{17}	+	41.5	50.5	54.3	50.0	生态省指标	0.830	1.000	1.000	0.018	0.015	0.018	0.018
C_{18}	-	2.56	2.21	2.30	3.00	十一五目标	1.000	1.000	1.000	0.056	0.056	0.056	0.056
合计											0.812	0.840	0.845

注:(1) 国家公认值,即《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》提出具有重要生态功能的耕地、园地、林地、牧草地、水域和部分未利用地占全国土地面积的比例保持在 75% 以上;(2) 国际公认值,即联合国粮农组织所确定的人均耕地 0.053 hm^2 的警戒线;(3) 生态省指标来源于生态县、生态市、生态省建设指标;(4) 生态示范区指标,来源于国家级生态示范区建设指标;(5) 省小康社会标准值来源于江苏省小康社会建设指标;(6) “十一五”目标来源于江苏省国民经济与社会发展“十一五”规划;(7) 全国平均值来源于 2008 年各指标全国平均值。

3.2 土地生态安全影响因素分析

3.2.1 生态环境因素分析 2000—2008 年,江苏省人均耕地面积从 $0.068 \text{ hm}^2/\text{人}$ 降至 $0.061 \text{ hm}^2/\text{人}$,下降了 10.3%,但仍在联合国粮农组织确定的人均耕地面积 0.053 hm^2 的警戒线之上,符合国家耕地政策和江苏省粮食安全的要求。江苏省人口众多,而且仍处于上升趋势,随着耕地比重的降低,其人均耕地面积势必会下降,在国家制定 $1.20 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 耕地红线的前提下,必须严格控制建设用地占用耕地的情况发生。

在江苏省土地生态安全评价体系中,森林覆盖率占有较大的比重。该省森林覆盖率从 2000 年的 14.1% 增加至 2008 年的 16.9%,提高了近 20%,也达到了生态省的建设要求。从全省层面来看,江苏省近年来加强环境保护和生态省的创建工程,对林业发展投入的增加;从市县层面来看,城市绿化工程在推进中,很多市县在进行或者已经完成生态市县的建设和城市郊野公园等建设使绿化水平得到很大程度的提高。在森林覆盖率增长的同时,江苏省地籍调查数据显示,2008 年江苏省的林地比重较之 2005 年有所下降,由于目前我国森林覆盖率计算公式包括有林地面积(含林带)、国家特别规定灌木林面积占土地总面积的百分率,所以这也反映出江苏省内国家特别规定的灌木林地面积、农田林网以及四旁(村旁、路旁、水旁、宅旁)林木的覆盖面积是在增加的。

江苏省自然保护区数量和面积的减少,加之耕地和林地比重随着建设用地规模的增长略有减少,进而导致基础性生态用地比重下降了 4.5%,已经略低于《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020 年)》中提出的重要基础性生态用地比重 75% 的要求,必须引起足够的重视。

3.2.2 经济因素分析 2000—2008 年,江苏省经济发展势头良好,城市化率达到生态省目标要求,人口自然增长率得到控制,人均 GDP 和经济密度都有显著增加;第三产业的比重由 35.9% 增长至 38.4%,上升了 7.0%,差生态省目标仅 4%,第三产业比重的提高,增加了就业机会,缓解了社会就业压力。虽然,第三产业较之第二产业对土地及其周边环境的污染较少,但是也不能忽视其对生态环境的影响。

江苏省积极推进生态农业试点县和生态市县建设,现代化农业得到发展迅速,到 2008 年全省农业机械化率增长了 31.7%,超出全国平均值 13.9%;有效灌溉面积比重达到 80.89%,较之 2000 年增长了 4.2%,超出全国平均值 48.5%。然而,江苏省化肥和农药的施用量一直在增加,且远超出生态省和国家级

生态示范区的建设指标,超出的幅度较大,分析原因主要是化肥农药的过度使用和统计数据口径可能不一致。农药化肥的过度使用,导致土壤污染,有可能会威胁到食品安全状况,也不利于区域土地的可持续发展。化肥和农药的施用量居高不下是影响江苏省土地生态安全的主要因素之一,生态省建设规划仍在实施过程中,必须制定严格的化肥和农药施用规定,以达到削减化肥和农药施用量的目的。

3.2.3 社会因素分析 2000—2008 年,江苏省城市化水平发展速度较快,人口增长的速度有所减缓,人口自然增长率有所下降,符合国家和地方的相关政策和规划要求。随着城市化进程的日益推进,越来越多的农村人口涌入城市,城市用地日趋紧张,政府和开发商开始向城郊区域寻找土地进行开发与建设,而在开发过程中,便会发生耕地被征用、山体被平整、林木被砍伐等现象,影响到郊区局部生态系统的服务功能。因此,处理好人口与土地之间的矛盾关系是维护土地生态安全的重要环节。

4 结论

(1) 本研究与以前的土地生态安全实例相比,对指标的选取和权重及标准值的确定做了进一步尝试,引入了生态省(市、县)、国家级生态示范区等建设指标,并综合考虑了江苏省小康社会建设指标和生态农业试点县建设指标,完善了土地生态安全评价指标体系,在一定程度上是能够真实反映出评价时段内评价省市的土地生态安全总体情况的,对目前的土地利用规划环评和土地生态安全研究具有一定的借鉴意义。由于部分数据的获取性和标准值的确定较难,因此该评价实例中的评价指标体系构建和标准值的选取有待进一步完善。

(2) 江苏省土地生态安全水平处于良好级,维持并提高江苏省土地生态安全水平的主要对策与建议包括 3 个方面:① 严守耕地红线,提高耕地质量。在控制建设用地增长的基础上,严格监督建设用地开发过程中对耕地的占用,推进废弃地的复垦和生态修复,提高耕地质量。同时,大力提倡在农业生产中降低化肥和农药的施用,推广生态农业,提倡种植“无公害、绿色、有机”农作物。② 加强重要生态功能保护区的保护,提高森林覆盖率。继续推进绿化植树工程,结合江苏省“十二五”林业规划,提高林地比重和森林覆盖率。同时,落实江苏省重要生态功能保护区规划的各项措施,加大对生态功能保护区的保护,是维护该省土地生态安全的重要措施。③ 推进土地整治工程的开展,优化用地结构和规模。加快推进江苏

省土地整治规划的实施,加大基础性生态用地的保护,优化各类型用地结构和规模。同时,将土地生态价值纳入经济核算的制度,逐步完善土地生态补偿机制,使土地利用朝着生态环境与社会经济协调可持续发展的方向发展。

[参 考 文 献]

- [1] 刘勇,刘友兆,许萍. 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.
- [2] 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,2007,2(3):784-789.
- [3] 李波,张俊飏. 区域土地资源生态安全评价与影响因素研究:基于湖北省 1999—2005 年数据的实证[J]. 湖北社会科学,2009(1):64-67.
- [4] 张建新,邢旭东. 湖南土地资源可持续利用的生态安全评价[J]. 湖南地质,2006,21(2):119-121.
- [5] 王庆日,谭永忠,薛继斌,等. 基于优度评价法的西藏土地利用生态安全评价研究[J]. 中国土地科学,2010,24(3):48-54.
- [6] 罗贞礼. 土地利用生态安全评价指标的系统聚类分析[J]. 湖南地质,2002,21(4):252-254.
- [7] 鲍艳,胡振琪,柏玉,等. 主成分聚类分析在土地利用生态安全评价中的应用[J]. 农业工程学报,2006,22(8):87-90.
- [8] 刘飞跃,万哨凯. 基于主成分分析法的吉安市土地利用的生态安全评价研究[J]. 安徽农业科学,2010,38(1):5788-5790.
- [9] 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):97-101.
- [10] 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.
- [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] 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.
- [13] 谢花林. 基于 GIS 的典型农牧交错区土地利用生态安全评价[J]. 生态学杂志,2008,27(1):135-139.
- [14] 孙云鹏. 全球变化背景下辽宁省土地利用生态安全情景分析[J]. 安徽农业科学,2010,28(24):13150-13153.
- [15] 曲福田,赵海霞,朱德明. 江苏省土地生态安全问题及对策研究[J]. 环境保护,2005(2):57-59.
- [16] 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):98-102.

(上接第 284 页)

- [2] 王云璋,王国庆,王昌高. 近十年渭河流域降水特点及其对径流影响的初步分析[J]. 人民黄河,1998(10):4-6.
- [3] 刘燕,胡安焱. 渭河流域近 50 年降水特征变化及其对水资源的影响[J]. 水文干旱区资源与环境,2006,20(1):85-87.
- [4] 曾庆华,周文浩,杨小庆. 渭河淤积发展及其与潼关卡口、黄河洪水倒灌的关系[J]. 泥沙研究,1996(3):13-28.
- [5] Kite W. Frequency and Risk Analysis in Hydrology [M]. Colorado: Water Resources Publication, 1997.
- [6] 孙安健,高波. 华北平原地区夏季严重旱涝特征诊断分析[J]. 大气科学,2000,24(3):393-402.
- [7] 王革丽,杨培才,王咏青,等. 中国北方地区旱涝的年代际预测分析研究[J]. 高原气象,2007,26(1):68-69.
- [8] 刘庚山,郭安红,安顺清,等. 帕默尔干旱指标及其应用研究进展[J]. 自然灾害学报,2004,13(4):21-27.
- [9] 姚玉璧,张存杰,邓振镛,等. 气象、农业干旱指标综述[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(1):185-211.
- [10] 鞠笑生,杨贤为. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝等级划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [11] 高波,陈乾金,任殿东. 江南南部—华南北部前汛期严重旱涝诊断分析[J]. 应用气象学报,1998,10(2):219-226.
- [12] 张存杰,王宝灵. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
- [13] 张强,鞠笑生,李淑华. 三种干旱指标的比较和新指标的确定[J]. 气象科技,1998,26(2):48-52.
- [14] 王飞,穆兴民,焦菊英,等. 基于含沙量分段的人类活动对延河水沙变化的影响分析[J]. 泥沙研究,2007(4):8-13.
- [15] 宋小燕,穆兴民,高鹏,等. 松花江哈尔滨站近 100 年来径流量变化趋势[J]. 自然资源学报,2009,24(10):1803-1809.
- [16] 穆兴民,李靖,王飞,等. 黄河天然径流量年际变化过程分析[J]. 干旱区资源与环境,2003,17(2):1-5.
- [17] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2004:121-140,213-215.
- [18] 鞠笑生,邹旭凯,张强. 气象旱涝指标方法及其分析[J]. 自然灾害学报,1998,7(3):52-55.
- [19] 董文林. 一种改进的旱涝指数计算方法[J]. 四川气象,1999,19(2):40-41.
- [20] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法[M]. 北京:气象出版社,2002:143-159.
- [21] 黄河流域及西北片水旱灾害编委会. 黄河流域水旱灾害[M]. 河南 郑州:黄河水利出版社,1996.
- [22] 李一寰. 一九八二年八月黄河洪水的暴雨天气形势和主要天气系统特征[J]. 人民黄河,1983(1):8-11.
- [23] 高治定,慕平. 黄河中游大面积日暴雨特性及其对洪水的影响[J]. 人民黄河,1991(6):13-18.