

基于组合赋权法的哈尔滨市耕地生态安全评价

崔明哲, 杨凤海, 李佳

(东北农业大学 资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘 要:根据耕地资源生态安全内涵和影响因素,从自然、经济、社会 3 个方面选取与耕地生态安全关系密切的 17 项指标,构建哈尔滨市耕地生态安全评价指标体系。运用组合赋权法计算各项指标的权重,通过定量计算,得出哈尔滨市各县域耕地生态安全综合值。采用非等间距法将耕地生态安全综合值分为安全、较安全、敏感、风险、恶化 5 个安全级别。结果表明,哈尔滨市各县域单元的耕地生态安全状况为:依兰县与通河县处于较安全级别,双城市与宾县处于风险级别,其它 6 县(市)为敏感级别。

关键词:耕地生态安全; 组合赋权法; 哈尔滨市

中图分类号:F323.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)06-0184-04

Analysis of Cultivated Land Ecological Security Assessment of Harbin City Based on Combination Weighting Method

CUI Ming-zhe, YANG Feng-hai, LI Jia

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Based on the connotation and factors influencing cultivated land ecological security, evaluation index system was constructed from three aspects including nature, economy, and society by selecting 17 indices which have close relation with land ecological security. The combination weighting method was used to determine the weights of the indicators, and though the quantitative calculation, the paper got the comprehensive value of each county's cultivated land ecological security in Harbin City. The non-equidistant method was used to divide the comprehensive value into five parts such as safety, relative safety, sensitive, risk and deterioration. The results showed that the cultivated land ecological security was at the relative safety level in Yilan County and Tonghe County; and it was at risk level in Shuangcheng City and Bin County; and the cultivated land ecological security was at sensitive level in the other six county-scale regions.

Key words: cultivated land ecological security; combination weighting method; Harbin City

国以民为本,民以食为天,土为粮之母。耕地是粮食安全的载体,是最宝贵的土地资源。在人口不断增长,工业化与城市化水平迅速发展的背景下,耕地生态安全受到极大的威胁,因此,诊断和确保耕地生态安全显得尤为重要。已有的研究对生态安全评价理论、方法和技术有初步的探索,但目前单独以耕地生态安全为对象进行研究的还不多。朱洪波^[1]在分析耕地资源生态安全内涵、特征和影响因素的基础上,构建了耕地资源生态安全评价指标体系。他认为耕地资源生态安全是指在一定的时间和空间尺度内,

耕地资源生态系统处于保持自身正常功能结构和满足社会经济可持续发展需要的状态。赵其国^[2]从耕地利用内外部环境及耕地供给方面分别探讨了耕地生态安全。但由于研究对象的复杂性和特殊性,人们对耕地生态安全的内涵认识不足,在评价指标体系构建和研究方法选择上还没有形成共识,多为宏观研究,使得耕地生态安全评价研究滞后^[3]。本文以黑龙江省哈尔滨市为研究区,分析哈尔滨市耕地资源的现状,从自然、经济、社会 3 个方面选取与耕地生态安全关系密切的 17 项指标,构建耕地资源生态安全评价

收稿日期:2012-04-25

修回日期:2012-06-21

资助项目:东北农业大学创新团队基金“黑土区保护与可持续利用”(CXT003-4-2)

作者简介:崔明哲(1988—),女,内蒙古赤峰市人,硕士,主要研究方向为农业遥感与土地利用。E-mail:lemon1008@126.com

通信作者:杨凤海(1967—),男,黑龙江省伊春人,博士,教授,主要研究方向为土地资源管理与土地规划。E-mail:yfhneau@163.com

指标体系,定量分析哈尔滨市所辖各县(市)的耕地资源生态安全状况。

1 研究区概况

哈尔滨市位于我国东北北部,地处松嫩平原东南部,张广才岭西麓。地理位置跨东经 125°42′—130°10′,北纬 44° 04′—46° 40′。哈尔滨全市土地面积 53 068 hm²,行政辖区包括市区以及五常、双城、尚志、巴彦、宾县、依兰、延寿、木兰、通河、方正 10 个县(市)。伴随着哈尔滨区域经济的快速发展,工业化进程的日益加快,耕地生态安全在一定程度上受到影响。一方面,农药使用量、化肥施用量逐年增长,导致未被利用的部分残留在耕地中,使得耕地土壤结构发生改变,土地质量退化;另一方面,生活污水、工业废水和工业废气排放量呈逐年增长的趋势,使得土地直接或间接的被污染,对耕地生态环境质量造成一定程度的影响。如果不及时解决耕地生态安全问题,社会经济的可持续发展将受到阻碍。因此构建能够反映耕地生态安全的评价指标体系,综合分析哈尔滨所辖各县(市)的耕地生态安全对保障粮食安全与区域可持续发展具有重要意义。

2 评价指标体系构建

2.1 耕地生态安全的内涵

综合国内学者的观点^[1-5],本文认为耕地生态安全是土地生态安全的一个重要方向,指耕地生态系统有稳定、均衡、充裕的自然资源可供利用,耕地生态环境处于无污染、未破坏的不受威胁的健康状态。耕地生态安全系统是一个复杂的系统,包括耕地自然生态安全、耕地经济生态安全和耕地社会生态安全 3 个子系统,每个子系统又包括很多影响因素,每个子系统及子系统内的因素都影响着系统的发展。

2.2 耕地生态安全评价指标体系的构建

根据哈尔滨市的实际情况,结合国内学者已有的研究成果^[1,3,6-9],综合影响耕地资源生态安全的因素,同时考虑指标的重要性、主要性和可得性,从自然因素、经济因素和社会因素 3 方面建立影响研究区耕地生态安全的指标体系。将评价体系分为目标层、准则层和指标层 3 个层面。其中耕地资源综合生态安全评价为目标层;自然因素、经济因素和社会因素为准则层;选取 17 个评价指标为指标层,构建耕地资源生态安全评价指标体系(表 1)。

表 1 哈尔滨市耕地生态安全评价指标体系

目标层		准则层	指标层	安全趋向	指标内涵
耕地资源综合评价	自然因素		旱地占耕地面积比重 C_1 (%)	负向	负面反映耕地有效灌溉面积比重
			土地垦殖率 C_2 (%)	正向	反映耕地数量
			森林覆盖率 C_3 (%)	正向	反映耕地生态环境状况
			未利用地面积比重 C_4 (%)	正向	反映补充耕地的潜力
			湿润指数 C_5	正向	反映有利于提高耕地产量的气候条件
	经济因素		GDP 增长率 C_6 (%)	负向	反映经济增长速度对耕地生态安全的威胁
			农业财政支出比重 C_7 (%)	正向	反映农业重视程度
			农民人均纯收入 C_8 (元)	正向	反映农民在耕地生态环境保护建设中的投入能力
			单位耕地面积农业机械动力 C_9 (kg/hm ²)	正向	反映机械化水平
			单位耕地面积化肥施用量(折纯) C_{10} (kg/hm ²)	负向	反映化肥对耕地污染程度
			单位耕地面积农用塑料薄膜使用量 C_{11} (kg/hm ²)	负向	反映塑料膜对耕地污染程度
			单位耕地面积排灌机械动力 C_{12} (kg/hm ²)	正向	反映农业水利化水平
	社会因素		城市化水平 C_{13} (%)	负向	反映城市化发展程度对耕地数量安全的影响
			耕地压力指数 C_{14} (%)	负向	反映耕地资源稀缺程度
			人口密度 C_{15} (人/hm ²)	负向	反映单位耕地人口数量
			人口自然增长率 C_{16} (‰)	负向	反映人口增长速度与趋势
			人均粮食占有量 C_{17} (t/人)	正向	反映耕地的生产能力

3 耕地资源生态安全评价方法与模型

3.1 数据来源与标准化处理

原始数据来源于《哈尔滨市统计年鉴》(2011 年)、《哈尔滨市国民经济和社会发展统计公报》(2011 年)、《黑龙江省统计年鉴》(2011 年)、《黑龙江省经济社会统计概要》(2011 年)及哈尔滨市国土部门、统计

部门和规划部门的相关资料。

将本文构建的指标对耕地生态安全的影响分正趋向性、负趋向性两个方面,正趋向性指标即数值越大对耕地生态安全越有利的指标,负趋向性指标即数值越小对耕地生态安全越有利的指标。分别对正、负趋向指标的原始数据进行无量纲化处理,具体公式如下:

正向指标: $Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(X_{ij})}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})}$ (1)

负向指标: $Z_{ij} = \frac{\max(X_{ij}) - X_{ij}}{\max(X_{ij}) - \min(X_{ij})}$ (2)

式中: X_{ij} ——第 i 指标第 j 县(市)的原值; $\min(X_{ij})$ ——为第 i 指标第 j 县(市)的最小值; $\max(X_{ij})$ ——第 i 指标第 j 县(市)的最大值; Z_{ij} ——第 i 指标第 j 县(市)标准化处理后的数值。

3.2 指标权重值确定

为了体现各个评价指标在评价体系中的作用地位以及重要程度,必须对指标赋予不同的权重系数。确定权重的方法可以分为两类:一类是主观赋权法,主要由专家根据经验判断得到;另一类是客观赋权法,由原始数据在运算中自动生成。

本文采用组合赋权法来确定指标权重,即主观赋权法(本文采用层次分析法)与客观赋权法(本文采用熵值法)相结合的综合赋权方法。这样既避免了当评价指标数量比较庞大且各指标之间具有一定相关性

时,主观赋权法确定各指标的权重可能出现偏差,又避免了纯数学运算有时可能扭曲真实,使权重与指标的实际重要程度相悖的情况。

(1) 采用层次分析法确定主观权重:先对各指标两两比较重要程度而逐层进行判断打分,构造判断矩阵;然后用方根法求得最大特征根对应的特征向量,得到各指标的权重;最后检验是否具有满意的一致性^[10]。确定的指标权重向量为: $W_A = (W_1, W_2, W_3, \dots, W_{17})^T$

(2) 采用熵值法确定客观权重:先计算各指标的信息熵,然后确定各指标的熵权^[11]。确定的指标权重向量为: $W_B = (W_1', W_2', W_3' \dots, W_{17}')^T$

(3) 确定组合向量权重^[11]:组合后的权重向量与以上两种方法确定的向量 W_A 和 W_B 存在偏差,在偏差平方和最小的意义下,构造最优化模型,求得唯一解即为优化组合权重向量 W_C : $W_C = (W_{C1}, W_{C2}, W_{C3}, \dots, W_{C17})^T$

组合权重确定的指标权重值及标准化值如表 2 所示。

表 2 综合评价参数

指标	权重 W_C	标准化值									
		五常市	双城市	尚志市	巴彦县	宾县	依兰县	延寿县	木兰县	通河县	方正县
C_1	0.0654	0.644	0.097	0.307	0.088	0.000	0.225	0.630	0.468	0.900	1.000
C_2	0.0655	0.306	0.992	0.000	1.000	0.471	0.507	0.300	0.257	0.061	0.094
C_3	0.0592	0.585	0.000	0.927	0.137	0.369	0.542	0.621	0.293	1.000	0.985
C_4	0.0627	0.085	1.000	0.968	0.318	0.567	0.516	0.000	0.223	0.115	0.616
C_5	0.0533	0.334	0.223	0.201	0.749	0.000	0.280	0.226	1.000	0.282	0.156
C_6	0.0474	1.000	0.000	0.177	0.161	0.484	0.806	0.500	0.323	0.774	0.500
C_7	0.0545	0.893	0.762	0.262	1.000	0.040	0.820	0.113	0.845	0.238	0.000
C_8	0.0483	0.683	0.825	1.000	0.172	0.465	0.886	0.124	0.000	0.528	0.392
C_9	0.0573	0.241	0.139	0.138	0.196	0.180	0.000	0.081	0.493	0.389	1.000
C_{10}	0.0551	0.304	0.000	0.620	0.514	0.015	1.000	0.499	0.702	0.627	0.750
C_{11}	0.0502	0.000	0.711	0.714	1.000	0.640	0.980	0.699	0.871	0.745	0.871
C_{12}	0.0632	0.216	0.064	0.476	0.047	0.085	0.000	0.058	0.195	0.633	1.000
C_{13}	0.0611	0.801	0.861	0.263	1.000	0.968	0.507	0.632	0.751	0.075	0.000
C_{14}	0.0786	0.029	0.129	0.000	0.408	0.082	1.000	0.719	0.589	0.974	0.269
C_{15}	0.0563	0.588	0.000	0.875	0.173	0.452	0.792	0.805	0.794	1.000	0.839
C_{16}	0.0568	0.595	1.000	0.690	0.119	0.405	0.571	0.238	0.000	0.786	0.738
C_{17}	0.0649	0.647	0.772	0.144	0.925	0.000	1.000	0.483	0.232	0.752	0.511

3.3 评价模型

国内学者对于生态安全的评价多采用综合评价模型、灰色关联度评价模型、生态足迹评价模型、模糊综合评价模型等^[12]。文中采用综合评价模型,定量评价分析哈尔滨市的耕地生态安全状况。具体为:

$E_j = \sum_{i=1}^n W_{ai} \times y_{ij}$ (3)

式中: E_j ——为第 j 县(市)的耕地生态安全综合评价指数; W_{ai} ——指标 i 的最优组合权重; y_{ij} ——指标 i 的标准值。

3.4 评价标准

借鉴和分析相关文献的研究结果^[7,11,13],并考虑

到本研究中耕地生态影响因素选取的非全面性,表 3 将哈尔滨市耕地生态安全综合安全值按其取值范围(0~1),采用非等间距法分为 5 个安全档次,综合值越大,耕地生态安全度越高;反之,则越低;并依次将对应的 5 个等级的耕地资源生态安全状况进行描述。

4 结果与分析

4.1 哈尔滨市县域单元耕地生态安全等级划分

通过对哈尔滨市相关数据的搜集,根据前述的方法和构建的评价指标体系,进行定量计算,得到哈尔滨各县域单元的耕地生态安全评价(表 4)。

表 3 耕地生态安全分级与特征

<i>E</i>	等级	特征
≥ 0.9	安全(Ⅰ)	耕地生态环境基本未受到干扰破坏,耕地生态系统结构完整、功能较强,土地肥沃,无农业污染,植被覆盖率高,无沙化、碱化现象,生态问题不显著
$0.6 \leq E < 0.9$	较安全(Ⅱ)	耕地生态环境受到干扰,耕地生态系统结构尚完整,功能尚好,土壤肥力高,农业污染程度低,农业与畜牧业产量高,土地利用程度高,水土协调性好,生态问题不显著
$0.4 \leq E < 0.6$	敏感(Ⅲ)	耕地生态环境受到较少破坏,耕地生态系统结构有恶化趋势,但尚能维持基本功能,受干扰后易恶化,盐碱化程度较高,土壤肥力降低,生态问题显现
$0.2 \leq E < 0.4$	风险(Ⅳ)	耕地生态环境受到较大破坏,耕地生态系统结构恶化较大,功能不全,受外界干扰后恢复困难,盐碱化程度高,治理困难,一般为低产田,生态问题较大,生态灾害较多
< 0.2	恶化(Ⅴ)	耕地生态环境受到很大破坏,耕地生态系统结构残缺不全,功能低下,发生退化性变化,恢复与重建很困难,耕地表现为无法耕作的光板地,生态灾害严重

表 4 哈尔滨各县(市)耕地生态安全综合指数

项目	五常市	双城市	尚志市	巴彦县	宾县	依兰县	延寿县	木兰县	通河县	方正县
<i>E</i>	0.4481	0.3921	0.4413	0.4528	0.2739	0.6023	0.4028	0.4662	0.6012	0.5658
级别	Ⅲ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ

表 4 表明哈尔滨所辖各县(市)的耕地生态安全值总体水平并不高,处于安全分级的Ⅱ级到Ⅳ级。其中依兰县耕地生态安全值最高,宾县最低。依兰县与通河县的耕地生态安全处于较安全水平,双城市、宾县处于风险等级,其它 6 个县(市)的耕地生态安全水平为第Ⅲ等级即为敏感等级。各县(市)的耕地生态安全空间分异如图 1 所示。

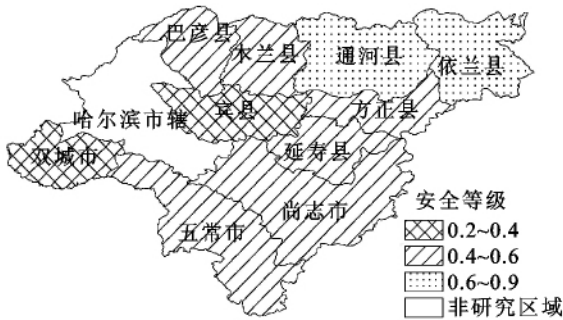


图 1 哈尔滨市耕地生态安全等级空间分布

4.2 结果评价

以上评价结果在一定程度上反映出哈尔滨市各县级区域的耕地资源生态系统的安全状况。总体来看,耕地资源生态安全程度较高的县域是通河县和依兰县。这两个县的耕地面积比重相对较高,森林覆盖率与 GDP 增长率较高。与其他县域相比,依兰县的单位耕地面积化肥与塑料薄膜使用总量最少,通河县的耕地压力指数较低,单位耕地面积农用机械动力与灌排机械动力较高。

巴彦县、木兰县、方正县、延寿县、五常市、尚志市的耕地生态安全处于敏感阶段。这 6 个县域单元的财政支农力度较强,农民人均收入相对较高,这对提高耕地资源生态安全间接起到一定的影响。但是耕

地垦殖率相对较低,耕地压力指数较高,从一定程度上反映出耕地生态安全水平并不高。而且耕地生态安全处于敏感级别的各县除尚志市外,其它县域的未利用地面积比重相对较低,而未利用地是补充耕地的重要来源,未利用地面积比重反映了未来补充耕地的潜力,它与耕地资源生态安全呈正相关关系。

双城市、宾县的耕地生态安全状况处于风险级别。它们是耕地施用化肥量相对最多的两个县域单元,以双城市居首位。过量的施用化肥使得不能被利用的部分残留在耕地中,导致土壤结构遭到破坏,耕地土壤肥力下降,耕地的生态安全面临挑战。

5 结论

笔者在总结国内学者有关耕地生态安全研究成果的基础上,构建了耕地生态安全评价指标体系。利用组合赋权法确定各指标权重的过程中,扬长避短,使得评价结果趋于实际。运用综合评价模型计算了哈尔滨市所辖 10 县(市)的耕地生态安全综合评价指数,通过定量的计算得出哈尔滨市各县域单元的耕地生态安全状况为:依兰县与通河县处于较安全级别,双城市与宾县处于风险级别,巴彦县、木兰县、方正县、延寿县、五常市、尚志市的耕地生态安全处于敏感级别。

本文的不足之处在于研究时间序列短,在今后的研究工作中,应拉长研究的时间序列,以便得到更加合理的评价结果,使研究结果更具指导意义。同时,还应根据研究区域经济发展的不同阶段对指标进行修正和调整,选择合适的方法进行评价、分析,以便更好地为耕地合理利用提供指导。

源功能,此外林火干扰及土壤侵蚀均优于其他群落,属低度脆弱。

4 结论

(1) 结合专业知识和专家经验,通过层次分析法构建了适合苏北低山丘陵区典型性森林生态脆弱性评价指标体系,制定了生态脆弱性评价标准,并根据生态脆弱度将森林植被划分成 5 个不同的脆弱级别;利用评价指标体系及生态脆弱度模型对各评价指标数值进行处理,并确定各项指标的权重;最后通过加权综合法对苏北低山丘陵区典型性森林群落生态脆弱性进行了评价。结果表明,苏北低山丘陵区典型性森林生态脆弱度排序为:侧柏(75.92)>麻栎(54.95)>栓皮栎(53.61)>黑松(49.63)>刺槐(47.68)>黄连木(45.69)>黄檀(44.92)>赤松(43.34)。

(2) 根据生态脆弱度等级标准,苏北低山丘陵区典型森林从低度脆弱到高度脆弱不等,没有出现极度脆弱的样地,由高到低依次为:侧柏群落处于高度脆弱等级;栓皮栎和麻栎处于中度脆弱等级;赤松、黑松、黄连木、黄檀、刺槐属低度脆弱等级。结果与实地调查的情况基本相符,说明所构建的指标体系具有适用性。不同生态环境下森林生态脆弱度是相对的,因为影响森林生态脆弱性的因素非常复杂,主要是森林结构和功能因子,包括植被群落蓄积量、物种多样性、森林层次结构。另外,森林土壤厚度和人为干扰中的砍伐采挖对其森林生态脆弱性的影响也较大。

参考文献:

- [1] 蔡海生,赵小敏,陈美球.脆弱生态环境脆弱度评价研究

进展[J].江西农业大学学报,2003,25(2):270-275.

- [2] 赵红兵.生态脆弱性评价研究[D].济南:山东大学,2007.
- [3] 蔡海生,张学玲,周丙娟.生态环境脆弱性动态评价的理论与方法[J].中国水土保持,2009(2):18-22.
- [4] 戴亚南,彭检贵.江苏海岸带生态环境脆弱性及其评价体系构建[J].海洋学研究,2009,27(1):78-82.
- [5] 孙道玮,陈田,姜野.山岳型旅游风景区生态脆弱性评价方法研究[J].东北师大学报:自然科学版,2005,37(4):131-135.
- [6] 常学礼,赵爱芬,李胜功.生态脆弱带的尺度与等级特征[J].中国沙漠,1999,19(2):102-108.
- [7] 赵跃龙.中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M].北京:中国环境科学出版社,1999:1-106.
- [8] 钟诚,何宗宜,刘淑珍.西藏生态环境稳定性评价研究[J].地理科学,2005,25(5):573-578.
- [9] 魏琦.北方农牧交错带生态脆弱性评价与生态治理研究[D].北京:中国农业科学院,2010.
- [10] 戴全厚,刘国彬,刘明义,等.小流域生态经济系统可持续发展评价:以东北低山丘陵区黑牛河小流域为例[J].地理学报,2005,60(2):209-218.
- [11] 张秋根,王桃云,钟全林.森林生态环境健康评价初探[J].水土保持学报,2003,17(5):16-18.
- [12] 朱茵,孟志勇,阚叔愚.用层次分析法计算权重[J].北方交通大学学报,1999,23(5):119-122.
- [13] 郭鹏,郑唯唯.AHP 应用的一些改进[J].系统工程,1995,13(1):28-31.
- [14] 于法展,尤海梅,李保杰,等.苏北地区代表性森林土壤理化特性的比较研究[J].地理与地理信息科学,2007,23(2):87-90.

(上接第 187 页)

参考文献:

- [1] 朱洪波.我国耕地资源生态安全的特征与影响因素分析[J].现代农业研究,2008,29(2):194-197.
- [2] 赵其国,周炳中,杨浩,等.中国耕地资源安全问题及相关对策思考[J].土壤,2002(6):293-302.
- [3] 徐辉,雷国平,崔登攀,等.耕地生态安全评价研究:以黑龙江省宁安市为例[J].水土保持研究,2011,18(6):180-189.
- [4] 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.
- [5] 许国平.中国土地资源安全评价研究进展及展望[J].水土保持研究,2012,19(2):276-279.
- [6] 朱洪波,张安录.我国耕地资源生态安全的时空差异分析[J].长江流域资源与环境,2007,16(6):754-758.

- [7] 文森,邱道持,杨庆媛,等.耕地资源安全评价指标体系研究[J].农业资源与环境科学,2007,23(8):466-470.
- [8] 郝军,苏根成,邬文艳.内蒙古耕地资源安全评价[J].内蒙古师范大学学报,2008,37(4):558-561.
- [9] 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.
- [10] 周飞,郭良珍,陈士银,等.湛江市土地资源生态安全评价与限制因素[J].水土保持研究,2010,17(5):202-206.
- [11] 丁晓静,王耕.基于 AHP 和熵值法的辽宁省城市生态安全评价[J].环境科学与管理,2010,35(12):172-176.
- [12] 胡永宏,贺思辉.综合评价方法[M].北京:科学出版社,2000.
- [13] 邱微,赵庆良,李崧,等.基于“压力—状态—响应”模型的黑龙省生态安全评价研究[J].环境科学,2008,29(4):1148-1152.