

璩路路,师学义,荣联伟. 黄土山丘区耕地生态安全动态评价及预测[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):532-536,596.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.05.152

黄土山丘区耕地生态安全动态评价及预测

璩路路,师学义,荣联伟

[中国地质大学(北京)土地科学技术学院,北京 100083]

摘要:基于2003—2012年山西省晋城市耕地生态安全的相关数据,构建了压力-状态-响应(PSR)模型的评价指标体系,采用熵权法确定其指标权重,对晋城市耕地生态安全状况进行动态评价,并采用GM(1,1)模型对未来耕地生态安全状况进行预测。结果表明,晋城市耕地生态安全综合值总体呈上升趋势,耕地生态安全等级从2003年的Ⅲ级变成2012年的Ⅱ级,耕地生态安全状态从2003年的“敏感”状态变成2012年的“较安全”状态;2013—2017年耕地生态安全程度预测将达到“较安全”水平,安全状况上升趋势较为显著;晋城市耕地生态安全状况空间差异明显,不同县(市、区)由于社会经济发展水平、自然资源禀赋、农业科技投入水平、环保投入力度、土地利用结构和耕地质量等因素,导致晋城市耕地生态安全格局分布的差异性和空间演化的异质性。

关键词:耕地生态安全;PRS模型;主成分分析法;熵权法;黄土山丘区

中图分类号: X24;X171.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0532-05

耕地资源是重要的农业生产资料,具有食物生产、空间承载、生态服务等多种功能,经过人类长期的干预,农田生态系统逐渐演变成成为具有高度耦合性的社会-经济-生态复合系统^[1]。耕地生态系统是指在耕地范围内,在人类活动的干预下,以作物为生物群落主体和环境因素的相互作用而形成的生态系统。随着耕地利用生态问题逐渐凸显,区域耕地生态安全评价逐渐成为学术界研究的热点。目前耕地生态安全评价的方法有生态模型法(包括土地承载力分析法、生态足迹法)^[2-4]、数学模型法(层次分析法、综合指数法、物元分析法)^[5-7]、景观生态模型法(景观生态安全格局法、景观指数法)^[8-10]、BP神经网络法^[11]。耕地生态安全评价指标体系构建的方法主要有PSR框架模型和自然-经济-社会概念框架模型^[12-13]。但是,目前的大多数研究主要集中于定时、定区域研究,在耕地生态安全时空变化分析、动态变化分析及对未来发展趋势的预测研究较少。黄土山丘区作为北方典型地貌区,长期以来水土流失和土地退化严重,伴随着工业化和城镇化的不断加快,正面临着耕地数量减少、质量下降、耕地污染加剧、耕地生态系统结构不合理等状况,这将对粮食安全和人类生存环境造成不利影响,因此科学评价黄土山丘区耕地生态安全具有重要意义。本研究以黄土山丘区典型城市——山西省晋城市为研究区,基于2003—2012年山西省晋城市耕地生态安全的相关数据,构建压力-状态-响应(PSR)模型的评价指标体系,采用熵权法确定其指标权重,对晋城市耕地生态安全状况进行动态评价,并采用GM(1,1)模型对未来耕地生态安全状况进行预测。本研究可为区域耕地生态安全评

价提供一种思路,为黄土山丘区耕地可持续利用和耕地生态系统修复提供决策依据。

1 研究区概况及数据来源

1.1 研究区概况

晋城市位于山西省东南部,处于黄土高原区地带,地貌以山地丘陵为主,地势呈东西北高,中部、南部低的簸箕状,属于暖温带半湿润大陆性季风气候区,四季分明,冬季寒冷干燥,夏季降水集中,春秋季节温凉短促,植被类型主要为针叶林带、阔叶及针阔混交林带、草甸带、旱生灌丛草本带及农作物,地理坐标为东经111°55′~113°37′,北纬35°12′~36°00′,是山西省通往中原地区的门户。根据2012年土地利用变更调查数据统计,晋城市土地总面积942 487.13 hm²,农用地、建设用地、其他用地面积比例分别为70.64%、6.13%、23.23%。其中全市耕地面积为204 747.07 hm²,占土地总面积的21.72%,耕地以平川旱地、坡耕地和梯田为主,地面坡度大,中低产田面积多,保水保肥能力低,土壤侵蚀严重,水土流失面积占总面积的79.9%,耕地生态安全状况面临挑战。

1.2 数据来源

本研究相关研究数据资料来源于《中国环境统计年鉴(2003—2012年)》《山西省农村统计年鉴(2003—2012年)》《晋城市土地利用变更调查数据》《晋城市统计年鉴(2003—2012年)》《晋城市土地利用总体规划(2006—2020年)》《晋城市国土资源公报》《晋城市环境保护公报》和《晋城市农业普查报告》。

2 评价方法与过程

2.1 构建指标体系

评价指标体系是耕地生态安全定量评价的基础,也是耕地生态安全评价的关键,直接影响评价结果的科学性和准确性。运用PSR模型分析黄土山丘区耕地生态系统特点和主要生态安全问题后,遵循科学性原则、可比性原则、可获取性

收稿日期:2016-02-16

基金项目:国土资源部公益性行业科研专项经费课题(编号:201411007)。

作者简介:璩路路(1991—),男,河南焦作人,硕士研究生,主要从事土地资源评价与土地利用规划研究。E-mail:qululu91@163.com。

通信作者:师学义,博士,教授,主要从事土地利用规划与土地利用工程研究。E-mail:shixueyi63@163.com。

原则和系统性原则,构建了目标层、准则层、指标层 3 个层次、26 个指标的评价指标体系(表 1)。该指标体系可从总体上反映耕地资源环境状况,社会经济发展目标与政策措施之间的相互依存、相互制约的关系,能够体现出整个评价的层次结构性和系统综合性,为有效反映耕地生态安全的动态变化提供理论基础。

由于影响耕地生态安全的因素较多,本研究采用主成分分析法对指标因素进行筛选,具体步骤如下,对初选的 26 项指标去量纲化;以 2003—2012 年指标数据为样本,利用 SPSS 20.0 统计分析软件计算组合矩阵的特征值和方差贡献率;选取累计方差贡献率达 85% 的指标为主成分,得到筛选后的 18 个评价指标(表 1)。

表 1 黄土山丘区耕地生态安全动态评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标含义	方向	权重
黄土山丘区生态安全综合值 CESC	耕地生态安全压力值 CESP	人均耕地面积(hm ² /人)	区域耕地面积/总人口	正	0.056
		人口密度(人/km ²)	总人口/行政区面积	负	0.045
		城市化水平(%)	非农业人口/总人口	负	0.041
		单位面积耕地化肥负荷(kg/hm ²)	化肥施用量/耕地面积	负	0.066
		人均粮食占有量(t/人)	粮食总产/总人口	正	0.027
		水土流失面积比例(%)	水土流失/土地总面积	负	0.042
	耕地生态安全状态值 CESS	耕地粮食单产(kg/hm ²)	粮食总产/耕地面积	正	0.026
		土壤侵蚀模数(mm/年)	土壤侵蚀厚度/年	负	0.038
		土地垦殖率(%)	耕地面积/土地总面积	正	0.072
		森林覆盖率(%)	林地面积/土地总面积	正	0.062
		自然灾害受灾指数(%)	受灾面积/耕地总面积	负	0.039
		旱田面积占耕地比重(%)	旱地面积/耕地总面积	负	0.072
		25°以上坡耕地面积比(%)	25°以上坡耕地面积/耕地总面积	负	0.071
		有效灌溉面积比(%)	有效灌溉面积/耕地面积	正	0.060
		单位农机总动力(kW/hm ²)	农机总动力/耕地面积	正	0.037
		水土流失治理率(%)	水土流失治理面积/水土流失总面积	正	0.027
	耕地生态安全响应值 CESR	环境污染治理占 GDP 比例(%)	环境污染治理投资/GDP	正	0.105
		农业财政支出比重(%)	农业财政支出/财政总支出	正	0.114

2.2 数据标准化、确定指标权重

由于选取的指标来自于评价系统的各个方面,为了消除量纲和单位不同所带来的影响,使数据之间具有可比性,需要用标准化法对原始指标值进行变换:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_j}{\max x_j - \min x_j}; \tag{1}$$

$$r_{ij} = \frac{\max x_j - x_{ij}}{\max x_j - \min x_j} \circ \tag{2}$$

式中: x_{ij} 为第*i*年第*j*个指标实际值; r_{ij} 为其标准化值; $\max x_j$ 和 $\min x_j$ 分别为第*j*个指标的最大值和最小值。公式(1)为正向指标标准化公式,公式(2)为负向指标标准化公式。

权重表示被评价对象不同侧面重要程度的定量分配,常用确定指标权重的方法包括主观赋权法如 Delphi 法、层次分析(AHP)法、成对比较法等;客观赋权法如主成分分析法、熵权法和灰色关联度法等。为避免人为主观性,本研究采用客观赋权法——熵权法确定耕地生态安全评价指标权重。熵权法根据评价指标变异程度的大小来确定指标权重,指标变异程度越大,信息熵越少,该指标权重值就越大,反之越小。设有*m*个评价指标,*n*个被评事物,定义第*j*个指标的信息熵为 e_j ,其权重为 w_j ,主要算法为:

计算第*j*项指标下的*i*个样本值的比重 P_{ij}

$$P_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^n r_{ij}} \circ \tag{3}$$

计算第*j*项指标的熵值

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}, k = \frac{1}{\ln n} \circ \tag{4}$$

定义第*j*项指标的权重

$$w_j = \frac{1 - e_j}{m - \sum_{j=1}^m e_j} \circ \tag{5}$$

式中: r_{ij} 为第*i*个被评事物第*j*个指标的标准化值;为使 $\ln P_{ij}$ 有意义,一般约定,当 $P_{ij}=0$ 时, $\ln P_{ij}=0$,其中 $0 \leq e_j \leq 1$ 。

2.3 测算生态安全综合指数

考虑影响耕地生态安全因素的多样性,本研究采用多因素综合指数法对晋城市耕地生态安全进行综合评价。采用综合指数法计算标准化后的数据,再加权评分,最终得到耕地生态安全的综合值^[14],即

$$E = \sum_{i=1}^{18} c_i w_i \circ \tag{6}$$

式中: E 表示耕地生态安全综合值; c_i 表示第*i*个指标的安全值(即第*i*个指标的标准化值); w_i 表示各指标权重。综合指数处于 0~1 之间,其值越小,说明耕地生态安全状况越差。同理可得到耕地生态安全 3 个分项值,即耕地生态安全压力值(P)、耕地生态安全状态值(S)和耕地生态安全响应值(R)(表 2)。

2.4 耕地生态安全综合评判

参照生态系统安全等级划分^[15],并考虑标准的现势性与超前性要求,将安全综合指数取值范围分为 5 个区间,依次对应 5 个等级,并对系统特征进行描述得到黄土山丘区耕地生态安全标准综合评判集(表 3)。

2.5 耕地生态安全动态预测

针对生态安全研究对象的变化敏感性和模糊不确定性,本研究采用灰色系统 GM(1,1)模型对 2013—2017 年黄土山

表 2 黄土山丘区耕地生态安全动态评价结果

年份	生态安全 压力值	生态安全 状态值	生态安全 响应值	生态安全 综合值	安全 等级	安全 状态
2003	0.169	0.317	0.138	0.624 4	Ⅲ	敏感
2004	0.158	0.328	0.145	0.630 3	Ⅲ	敏感
2005	0.144	0.348	0.140	0.632 2	Ⅲ	敏感
2006	0.123	0.362	0.139	0.623 2	Ⅲ	敏感
2007	0.115	0.344	0.141	0.600 6	Ⅲ	敏感
2008	0.114	0.334	0.188	0.635 4	Ⅲ	敏感
2009	0.099	0.375	0.159	0.633 0	Ⅲ	敏感
2010	0.105	0.394	0.201	0.700 1	Ⅱ	较安全
2011	0.103	0.415	0.251	0.769 6	Ⅱ	较安全
2012	0.102	0.417	0.289	0.807 6	Ⅱ	较安全

丘区耕地生态安全综合值的变化进行动态预测,进而达到对黄土山丘区耕地生态安全进行动态评价的效果。

2.5.1 灰色系统 GM(1,1) 预测模型原理 灰色预测是建立一种以灰色模块为基础的描述系统动态变化特征的模型。对于灰色量的处理,不是寻求它的统计规律和概率分布,而是将

无规律的原始数据通过一定的方法处理,变成比较有规律的时间序列数据,即以数找数的规律,再建立动态模型。灰色系统 GM(1,1) 模型的建模基础是将无规律的原始数据 $X^{(0)}$ 依次进行累加,从而得到规律性较强的生成数列 $X^{(1)}$,然后构造累加矩阵 B 和常数向量 Y_n ,并用最小二乘法拟合求解系数,进行微分建模,由生成模型得到的数据进行累减得到原始数据的预测值,进而进行预测^[16],其时间相应函数为:

$$X^{(1)}(t+1)=X^{(0)}(1)-\frac{u}{a}e^{-at}+\frac{u}{a}。(7)$$

为了验证模型的可靠性,通常需要对模型进行后验检验,先计算原始数据离差 S_1 和残差离差 S_2 ,再计算后验比 C 和小误差概率 P 。

$$S_1=\sqrt{\sum_{i=1}^m[X^{(0)}(t)-\bar{X}(t)]^2},$$
$$S_2=\sqrt{\frac{1}{m-1}\sum_{i=1}^{m-1}[q^{(0)}(t)-q^{(-0)}(t)]^2},$$
$$C=S_1/S_2。(8)$$

$$P=\{ |q^{(0)}(t)-q^{(-0)}(t)|<0.674\ 5S_1\}。(9)$$

表 3 黄土山丘区耕地生态安全标准综合评判集

等级	区间	安全程度	系统特征
I	≥0.9	安全	人地关系和谐,耕地生态系统结构完整、功能较强,土地肥沃,无农业污染,耕地生态环境基本未受到干扰破坏,植被覆盖率高,无沙化、碱化现象,生态问题不显著。
Ⅱ	<0.9~0.7	较安全	耕地资源承载能力强,耕地生态受到一定破坏,耕地生态系统结构尚完整,土壤肥力高,农业污染程度较轻,土地利用程度高,水土协调性好,可持续发展能力较强。
Ⅲ	<0.7~0.6	敏感	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,可持续能力较弱。
Ⅳ	<0.6~0.4	风险	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,自然灾害较多。
V	<0.4	恶化	耕地生态环境受到很大破坏,耕地承载能力很低,生态环境很脆弱,自然灾害频繁,耕地生态系统结构残缺不全,功能低下,发生退化性变化与重建很困难。

2.5.2 灰色 GM(1,1) 模型动态预测耕地生态安全 以 2003—2012 年黄土山丘区耕地生态安全综合值为原始数据,利用灰色系统理论及其应用软件 V 3.0 和 Matlab 8.0,建立灰色 GM(1,1) 模型^[17],得到后验检验结果参数值(表 4),根据

灰色预测精度检验等级标准,后验差比值 $C<0.35$,小误差概率 $P>0.95$,模型精度等级为好,模型可用于预测 2013—2017 年耕地生态安全综合值(表 5)。

表 4 灰色 GM(1,1) 模型预测后验结果参数值

时间响应函数	平均相对误差	后验差比	小误差概率	模型精度等级
$x(k+1)=17.393\ 301\exp(0.033\ 021k)-16.768\ 901$	4.861 058	$C=0.176$	$P\rightarrow 1$	好

3 结果与分析

3.1 耕地生态安全时间变化

3.1.1 总体变化分析 2003—2012 年,晋城市耕地生态安全总体呈波动上升趋势,从表 5 可以看出综合指数从 0.624 4 上升到 0.807 6,安全等级也由 2003 年的“敏感”变为 2012 年的“较安全”。晋城市山多川少,水土流失严重,作为重要的煤炭基地,由于长期煤炭开采塌陷,致使生态环境较为脆弱,加之粗放耕作的传统生产方式,耕地生态安全本底值较低。10 年期间可分为 2 个阶段,第一阶段(2003—2007 年),耕地生态安全波动下降,此阶段晋城市处于工业化阶段,城市扩张,大量耕地被占用,工业化带来耕地污染,日益增大的人口压力和化肥的不合理施用对区域耕地生态安全状况造成威

胁,同时水土流失和干旱缺水仍然是限制因素,耕地生态安全综合指数下降,甚至出现了 2007 年的“敏感”状态;第二阶段(2008—2012 年)耕地生态安全下降趋势得以缓和,耕地生态安全综合指数逐渐回升,特别是 2010—2012 年耕地生态安全综合指数上升明显,主要是因为环保投入的加大和农村土地整治,尤其是 2008 年以来开展的全市范围内农村土地整治,坡耕地显著减少,农田生产条件持续改善,同时积极开展水土流失治理和退耕还林还草工程,以小流域为基本单元,完成了 40 多条小流域治理任务,有效减少了水土流失带来的土壤侵蚀,退耕还林初见成效,森林覆盖率有所增加,耕地生态安全状况改善显著。

根据耕地生态安全的变化趋势和预测结果可知,晋城市 2013—2017 年耕地生态状况不断优化,晋城市不断采取改善

表 5 黄土山丘区耕地生态安全动态评价结果

年份	实际值	拟合值	残差	误差 (%)	等级	状态
2003	0.624 4	0.624 4	0.000 0	0.000 0	Ⅲ	敏感
2004	0.630 3	0.583 9	-0.046 4	-7.360 0	Ⅲ	敏感
2005	0.632 2	0.603 5	-0.028 7	-4.535 2	Ⅲ	敏感
2006	0.623 2	0.623 8	-0.000 6	0.094 5	Ⅲ	敏感
2007	0.600 6	0.644 7	0.044 1	7.347 8	Ⅲ	敏感
2008	0.635 4	0.666 4	0.030 9	4.875 2	Ⅲ	敏感
2009	0.633 0	0.688 7	0.055 7	8.806 7	Ⅲ	敏感
2010	0.700 1	0.711 9	0.011 8	1.681 2	Ⅱ	较安全
2011	0.769 6	0.735 6	-0.033 8	-4.395 9	Ⅱ	较安全
2012	0.807 6	0.760 5	-0.037 1	-4.655 2	Ⅱ	较安全
2013		0.786 0			Ⅱ	较安全
2014		0.812 4			Ⅱ	较安全
2015		0.839 7			Ⅱ	较安全
2016		0.867 9			Ⅱ	较安全
2017		0.896 9			Ⅱ	较安全

措施,到 2017 年,安全等级可达“Ⅱ级”,安全程度为“较安全”状态,耕地生态安全状态良好。根据预测的耕地生态安全综合值,拟合出 2013—2017 年区域耕地生态安全指数变化的趋势线及对应函数(图 1),拟合度 R^2 趋向于 1,拟合度为优。“十二五”期间,生态文明建设的提出,对耕地生态安全提出了更高要求,晋城市大力推进现代农业建设,修建农田水利设施,改善农业基础条件,实施以退坡还林为主的水保生态建设,科学规划土地利用,提高了有效灌溉面积,缓解了洪涝灾害,保证了耕地的保收面积,同时积极推广种子品种改良,测土配方施肥,提高土壤肥力,保证了耕地的粮食产量,乡镇企业不断完善对其排放的“三废”的处理水平,耕地生态安全

能够在一定时期内处于增长的趋势,2017 年耕地生态安全等级为“Ⅱ级”,其安全综合指数仍然小于 0.9,表明晋城市耕地生态安全还具有较大提升空间,生态环境问题依然比较严峻。

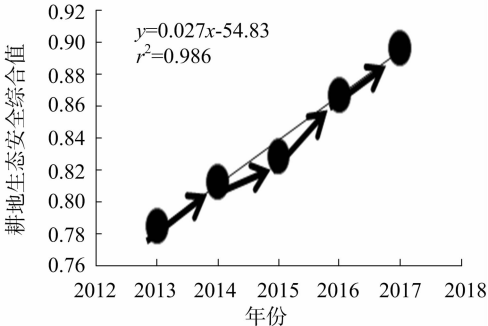


图1 黄土高原山丘区耕地生态安全趋势

3.1.2 评价子系统变化分析 将表 2 中的耕地生态安全压力值、状态值和响应值分别除以 3 个准则层的权重(0.235、0.422、0.343)得到耕地生态安全系统的压力系数、状态系数、响应系数及其安全状态(表 6)。耕地生态安全压力分析表明,2003—2012 年晋城市耕地生态安全压力总体呈下降趋势,压力系数由 2003 年的 0.721 下降到 2012 年的 0.432,耕地安全状态经过了较安全状态—敏感状态—风险状态,10 年期间晋城市人口增长较快,加之城镇化速度加快,大量农村劳动力向城镇转移,导致城镇人口急剧增加,耕地面积减少,使得土地压力加大;同时为了追求耕地产量的提高,大量施用化肥,从而导致土壤肥力下降,虽然粮食产量实现连增,但是耕地生态安全限制因素凸显,从各指标生态安全压力指数来看,土壤肥力下降、人口增长和城市化带来的耕地减少是主要限制因素,耕地生态安全压力巨大。

表 6 黄土高原山丘区土地生态安全子系统

年份	耕地生态安全压力系统			耕地生态安全状态系统			耕地生态安全响应系统		
	压力值	压力系数	安全状态	状态值	状态系数	安全状态	响应值	响应系数	安全状态
2003	0.169	0.721	较安全	0.317	0.752	较安全	0.138	0.401	风险
2004	0.158	0.671	敏感	0.328	0.778	较安全	0.145	0.421	风险
2005	0.144	0.615	敏感	0.348	0.825	较安全	0.140	0.408	风险
2006	0.123	0.523	风险	0.362	0.857	较安全	0.139	0.404	风险
2007	0.115	0.490	风险	0.344	0.816	较安全	0.141	0.412	风险
2008	0.114	0.485	风险	0.334	0.790	较安全	0.188	0.548	风险
2009	0.099	0.423	风险	0.375	0.888	较安全	0.159	0.463	风险
2010	0.105	0.447	风险	0.394	0.934	安全	0.201	0.587	风险
2011	0.103	0.439	风险	0.415	0.984	安全	0.251	0.733	较安全
2012	0.102	0.432	风险	0.417	0.987	安全	0.289	0.844	较安全

从状态系统来看,状态系数由 2003 年的 0.752 上升到 2012 年的 0.987,安全状态呈总体上升趋势,等级由 2003 年的“较安全”变为 2012 年的“安全”。晋城市大面积植树造林,水土流失得到有效遏制,林地覆盖率提高,以及实施“沃土工程”、“坡改梯工程”,推广节水抗旱技术,使得区域旱田作物产量安全得以保证,土壤侵蚀减少,自然灾害受灾面积锐减,耕地生态安全状态达到较高水平。从响应系统来看,响应系数从 2003 年的 0.401 上升到 0.844,正向演化明显,其等级由 2003 年的“风险”变为 2012 年的“较安全”,期间可分为 2 个阶段,第一阶段(2003—2007 年)响应指数变化不大,且响

应安全等级处于“风险”的低水平状态,说明人们耕地环保意识还较薄弱;第二阶段(2008—2012 年)随着晋城市生态区划和新一轮土地利用规划的实施,环境污染治理投入和农业财政投入不断加大,有效灌溉面积比例增大,农业机械总动力和水土流失治理率增加,耕地集约利用率提高,响应系数不断上升。

3.2 耕地生态安全空间分异

以晋城市所辖县(市、区)为基本评价单元,按照上述评价方法对晋城市各县(市、区)的耕地生态安全进行了分析。以 2012 年为例,晋城市耕地生态安全等级整体处于“较安

全”状态,但各县(市、区)安全状态存在明显的空间差异。晋城市城区、南部的阳城县和北部的高平市耕地生态安全均为“敏感”状态,3个县(市、区)在空间上呈“U”形分布,虽然耕地生态安全综合值接近,但生态安全子系统存在差异:城区经济发展水平较高,环保投入大,但耕地非农化比例相对高,人口密度大,耕地生态安全压力大;阳城县位于晋城市南部丘陵,自然状况良好,但是耕地投入、农业财政支出、单位耕地农业机械化总动力不大,水土流失治理率较低,耕地集约化水平不高,耕地生态安全处于“敏感”状态;高平市位于晋城市北部,自然环境较为脆弱,水土流失治理率处于较低水平,且旱田面积占耕地比重较大,耕地生态安全状态值相对较低。泽州县、沁水县和陵川县的耕地生态安全为“较安全”状态,耕地生态安全压力小,响应指数较高。

通过对比 2012、2017 年(预测)的耕地生态安全空间分布图(图 2、图 3),耕地生态安全空间演化明显,且总体呈优化趋势。阳城县和高平市随着经济转型,农业财政支出提高,加大了环保投入力度,水土流失治理率和森林覆盖率显著提高;土地整治规划的实施,土地利用结构得以优化,农田有效灌溉面积比例提高,耕地数量和质量均有提高,耕地生态安全状态转变为“较安全”状态。城区由于经济发展和人口集聚化,人均耕地面积、人均水资源量受到限制,而建设用地占用耕地的需求短期内仍为刚性,虽然环境污染治理投入加大,但是耕地生态安全压力依然较大,因此城区周边耕地生态安全状态保持不变。泽州县、沁水县和陵川县的安全状态仍保持“较安全”状态,但耕地生态安全综合值有所提高,耕地生态安全朝着良性趋势演化。耕地生态安全是个过程值,受到各因素(包括指标体系中的压力、状态及响应)综合作用,这 3 个县生态安全指数均已达到“较安全”状态,进一步提高生态等级的难度加大,需要持续不断的环保投入、农业科技投入、产业布局调整等一系列的积极响应措施。

4 结论与讨论

本研究从耕地生态安全压力、耕地生态安全状态和耕地生态安全响应 3 方面构建黄土山丘区耕地生态安全动态评价指标体系,运用主成分分析法对评价指标进行筛选,用熵权法赋予指标权重,对晋城市 2003—2012 年的耕地生态安全进行动态评价,并采用灰色系统 GM(1,1)模型对晋城市 2013—2017 年的耕地生态安全进行预测,得出以下结论:(1)晋城市耕地生态安全综合值总体呈上升趋势,耕地生态安全程度从 2003 年的“敏感”变成 2012 年的“较安全”,耕地生态安全波动幅度不大,安全程度整体上相对较低;2013—2017 年耕地生态安全程度处于“较安全”水平,安全状况上升趋势较为显著。(2)晋城市耕地生态安全状况空间差异明显,2012 年晋城市城区、南部的阳城县和北部的高平市耕地生态安全均为“敏感”状态,3 个县(市、区)在空间上呈“U”形分布,而泽州县、沁水县和陵川县的耕地生态安全为“较安全”状态。自然条件、环保投入、经济发展水平是空间格局分布差异的主要原因。(3)通过对 2003—2012 年黄土山丘区耕地生态安全评价的实证分析,并采用灰色系统 GM(1,1)模型对晋城市 2013—2017 年的耕地生态安全进行预测,既能够反映某时间点上区域耕地生态安全状态,也能够揭示耕地生态安全的变化趋势。

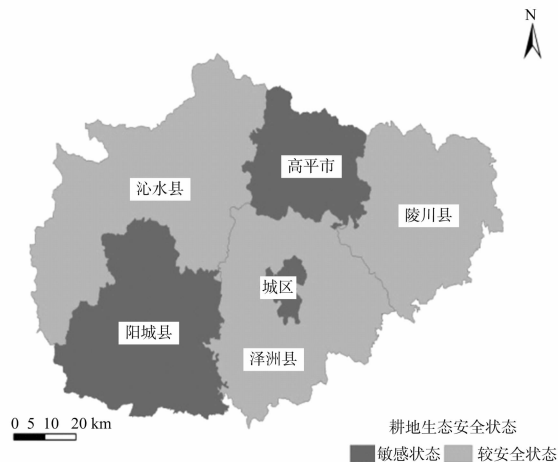


图2 2012年耕地生态安全分布



图3 2017年耕地生态安全分布

本研究可为黄土山丘区耕地生态安全动态评价提供一种思路,为区域耕地可持续发展和保障粮食安全提供依据。耕地生态安全评价研究尚处于起步阶段,耕地生态安全是个复杂的系统,随着社会的发展,耕地生态安全标准也会随之改变,本研究基于 10 年的数据进行趋势的分析与预测,时间序列尚短,而晋城市耕地生态安全变化是个长期演化的过程,因此在今后研究中应适当延长时间序列,进而预测耕地生态安全的实现时点。同时本研究在用综合指数法评价耕地生态安全时,根据已有的研究成果结合晋城市所在地域的背景值,划分耕地生态安全综合值判别标准,实际值与标准值两者阈值耦合可能存在一定偏差。如何更加有效地修正和调整也需后续研究进一步完善。

参考文献:

- [1]王 千,金晓斌,周寅康,等. 河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因[J]. 生态学报,2011,31(1):247-256.
- [2]施开放,刁承泰,孙秀锋,等. 基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究[J]. 生态学报,2013,33(6):1872-1880.

科学研究所 2014 年工作绩效进行模拟考核,并与该所施行多年的传统考核进行比对,结果表明,新的绩效考核方法更加客观科学,更能反应绩效真实情况,且克服了传统考核中的评级等次不合理、结果不精确、照顾面子、搞平衡等不合理问题。

针对绩效考核过程中定性指标难以考核和量化,本项研究引入模糊评判的方法,将定性指标进行量化,实现了定性指标的数字化,这也迎合了现在管理科学信息化的要求。数字化的方法过程看起来繁琐,但借助于现有的通用办公软件便能轻松完成相关运算,可大大提高考核的效率^[15-18]。研究认为,绩效考核必须借助于现代计算机技术和互联网平台加快数字化、信息化步伐,才能提升考核准确率和效率。很多计算过程如果由人工处理不但会增加数据的错误率,还会延长考核时间,降低考核效率;对于定性方面的测评,借助在网上平台和相应的相应软件,可以将到随机测评和季度及年度测评相结合,增加动态监测环节,实现背对背测评,减少测评的人为干扰,可避免同一单位和部门的人员相互熟悉所产生印象分、人情分、关系分等非客观分,从而提升考核的准确率和效率^[15-18]。

地区农业科研单位面临的各种问题,是长期以来国家的行政管理体制和经济运行体制造成的,绩效管理只是其手段之一。本研究在建立绩效评估指标体系和评估方法过程中,仅考虑共性问题,是从纯科研管理和纯事业的角度进行的研究,选定的研究对象也是在江苏省区域内的地市级农业科学研究所,而全国地市级农业科研院所有 500 多家,情况也千差万别,在有限样本内采集的数据所建立的指标体系,必然会有一定的局限性。因此,该方法具体应用中,应针对具体单位的实际情况,因地制宜做出调整,使考核方法属地化。

参考文献:

- [1] 陈文红. 事业单位人事制度改革研究——以山东省为例[D]. 济南:山东大学,2012.
- [2] 王 欣. 基于目标管理的高校教师绩效考核体系研究[J]. 南昌

(上接第 536 页)

- [3] 赵文晖,宁雅楠,杨伟州,等. 基于改进生态足迹模型的保定市耕地生态安全时空变异分析[J]. 土壤通报,2015(4):796-802.
- [4] Rapport D J, Gaudet C, Karr J R, et al. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process [J]. Journal of Environmental Management, 1998, 53(1): 1-15.
- [5] 崔明哲,杨凤海,李 佳. 基于组合赋权法的哈尔滨市耕地生态安全评价[J]. 水土保持研究,2012,19(6):184-187.
- [6] 左 伟,王 桥,王文杰,等. 区域生态安全综合评价模型分析[J]. 地理科学,2005(2):209-214.
- [7] 张祥义,许 焱,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(1):18-23.
- [8] 王 千,金晓斌,周寅康,等. 江苏沿海地区耕地景观生态安全格局变化与驱动机制[J]. 生态学报,2011(20):5903-5909.
- [9] 关文彬,谢春华,马克明,等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径[J]. 生态学报,2003,23(1):64-73.

教育学院学报,2013,28(7):57-58.

- [3] 闫克勤,王建荣. 深化目标管理提高科研院所整体绩效[J]. 软科学,2003,17(1):83-86.
- [4] 宋 平. 基于平衡计分卡的企业绩效管理研究[D]. 武汉:武汉大学,2005.
- [5] 陈 通,王 伟. 基于模糊平衡记分卡的绩效评估体系研究[J]. 西安电子科技大学学报:社会科学版,2007,17(1):29-33.
- [6] 刘 佳. 基于平衡计分卡的非营利组织绩效评价研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2014.
- [7] 李 谦. 关键绩效指标考核法研究[D]. 天津:天津商学院,2006.
- [8] 古银华. 360 度绩效考评方法研究评述[J]. 成都理工大学学报:社会科学版,2008.
- [9] 崔永菊. 事业单位绩效评估方法研究[D]. 沈阳:沈阳理工大学,2012.
- [10] 赵艳秋. 基于路径分析与模糊数学相结合的项目管理绩效评估方法研究[D]. 天津:天津大学,2004.
- [11] 周浩亮. 模糊数学基本理论及其应用[J]. 建井技术,1994,4(5):70-78.
- [12] 汪培庄. 模糊数学及其应用[J]. 河南师大学报:自然科学版,1983,12(2):1-20.
- [13] 林 琳,林 刚. 模糊数学与层次分析法在绩效评估中的综合应用[J]. 中国管理信息化,2006,9(11):14-16.
- [14] 许绍双. Excel 在层次分析法中的应用[J]. 中国管理信息化,2006,9(11):17-19.
- [15] 吴 春,徐红兵,邓 晔,等. 地市级农业科研单位工作人员绩效考核指标体系建立[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):555-561.
- [16] 赵陵滋,甘云祥. 统计模式识别算法的 MATLAB 语言实现[J]. 应用科技,2002,29(6):12-13.
- [17] 黄立华,苏 珍,孙金梅. 基于 Excel 模糊综合评价法在技术员考核中的应用[J]. 化工管理,2015,17(6):52-53.
- [18] 孙福东,魏凤荣. 应用 Excel 巧解模糊综合评价法[J]. 统计与决策,2011,347(23):172-174.
- [10] Seppelt R, Voinov A. Optimization methodology for land use patterns using spatially explicit landscape models[J]. Ecological Modelling, 2002, 151(2/3):125-142.
- [11] 王 军. 石家庄市耕地动态变化与生态安全评价研究[D]. 石家庄:河北师范大学,2009.
- [12] 王 千,金晓斌,周寅康. 河北省耕地生态安全及空间聚集格局[J]. 农业工程学报,2011,27(8):338-344.
- [13] 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):180-184.
- [14] 任 平,洪步庭,周介铭. 长江上游农业主产区耕地生态安全评价与空间特征研究[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(12):65-69.
- [15] 左 伟,王 桥,王文杰,等. 区域生态安全评价指标与标准研究[J]. 地理与地理信息科学,2002,18(1):67-71.
- [16] 周 健,刘占才. 基于 GM(1,1) 预测模型的兰州市生态安全预警与调控研究[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(1):15-19.
- [17] 荣联伟,师学义,杨 静. 土地利用规划中建设用地预测方法比较[J]. 中国人口资源与环境,2014(增刊3):199-203.